

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002 年 9 月 12 日 (12.09.2002)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 02/071422 A1

(51) 国際特許分類: H01F 27/28, 17/04, 19/00, 30/00

(21) 国際出願番号: PCT/JP02/01842

(22) 国際出願日: 2002 年 2 月 28 日 (28.02.2002)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願2001-60731 2001 年 3 月 5 日 (05.03.2001) JP  
特願2001-75651 2001 年 3 月 16 日 (16.03.2001) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ティーディーケー株式会社 (TDK CORPORATION) [JP/JP]; 〒103-8272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 蒲生 正浩

(GAMOU, Masahiro) [JP/JP]; 〒103-8272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内 Tokyo (JP). 堀上 智 (HORIKAMI, Satoshi) [JP/JP]; 〒103-8272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 星宮 勝美 (HOSHIMIYA, Katsumi); 〒160-0022 東京都新宿区新宿5丁目15番7号 東晃ビル 10 階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, US.

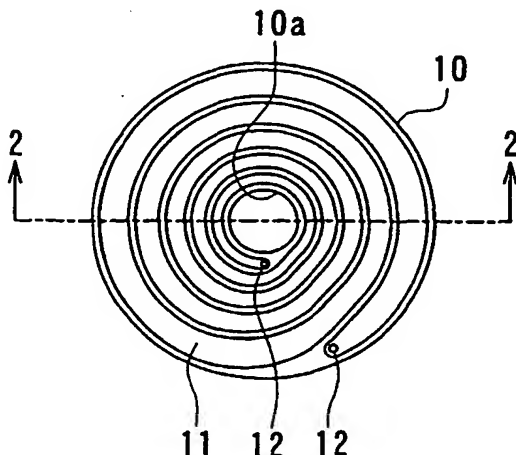
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (DE, FI, FR, GB, SE).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: PLANAR COIL AND PLANAR TRANSFORMER

(54) 発明の名称: 平面コイルおよび平面トランス



(57) Abstract: A coil is so disposed as to minimize the loss in a restricted space. A planar coil is provided with a disc-shaped insulating layer (10) and N (N is an integer of 2 or more) turns of wiring (11) formed by arranging a planar conductor helically on one face of the insulating layer (10). The planar coil is characterized in that the radius  $r_i(n)$  of the inner portion of the wiring (11) of the n-th turn (n is an integer of 1 to N) from the central part and the radius  $r_o(n)$  of the outer portion are so determined that value (A) expressed by the Formula (1) takes on the minimum, when values  $r_{min}$ , D and  $W_{total}$  satisfy  $r_i(1) = r_{min}$ ,  $r_i(n+1) \cdot r_o(n) = D$  and  $r_o(N) \cdot r_i(1) = W_{total}$ .  $A = \sum_{n=1}^N \{\log(r_o(n)/r_i(n))\}^{-1}$  --- (1).

## (57) 要約:

本発明は限られた空間の中で損失が最小になるように巻線を配置することを目的とする。

平面コイルは、円板状の絶縁層（１０）と、絶縁層（１０）の一方の面において平板状の導体が渦巻き状に配置されて形成されたＮターン（Ｎは２以上の整数）の巻線（１１）を備えている。巻線（１１）は、内側からｎターン（ｎは１以上、Ｎ以下の整数）目の巻線部分の内周部の半径を $r_i(n)$ 、外周部の半径を $r_o(n)$ とし、 $r_i(1) = r_{min}$ 、 $r_i(n+1) \cdot r_o(n) = D$ 、 $r_o(N) \cdot r_i(1) = W_{total}$ となる $r_{min}$ 、 $D$ 、 $W_{total}$ が与えられたときに、式（１）で表されるＡの値が最小となるように $r_i(n)$ および $r_o(n)$ が定められていることを特徴とする平面コイル。

$$A = \sum_{n=1}^{N-1} \{ \log (r_o(n) / r_i(n)) \}^{-1} \cdots (1)$$

## 明 細 書

## 平面コイルおよび平面トランス

## 5 技術分野

本発明は、平板状の導体が渦巻き状に配置されて形成された巻線を有する平面コイルおよび平面トランスに関する。

## 背景技術

- 10 平面コイルや平面トランスは、スイッチング電源等におけるチョークコイルやトランスとして使われている。平面コイルや平面トランスは、平板状の導体が渦巻き状に配置されて形成されたパターン化導体よりなる巻線を有している。平面トランスや複数の巻線を有する平面コイルでは、複数の巻線が絶縁層を介して厚さ方向に積み重ねられている。
- 15 平面コイルや平面トランスのうち、出力電流が比較的小さなものは、例えば、スパッタ法等の薄膜形成技術によって、渦巻き状のパターン化導体、絶縁層および磁性層を積み上げて形成される。また、平面コイルや平面トランスのうち、出力電流が中程度のものは、例えば、各面における導体層をエッチングして各面に渦巻き状のパターン化導体を形成した両面プリント基板を、絶縁層を介して積層
- 20 してなるプリントコイルや、導体板を打ち抜いて形成した渦巻き状のパターン化導体を絶縁層を介して積層してなるコイルが用いられる。これらのコイルには、渦巻き状のパターン化導体の中心部分において厚さ方向に貫通する孔が形成され、この孔に、EE型フェライトコア等の磁性体が挿入される。

- 上述のような平面コイルや平面トランスは、薄型化が可能であるため、特に小
- 25 型、薄型のスイッチング電源等に使われている。

近年、IC（集積回路）の集積度の増大に伴うICの動作電圧の低下、大電流化等により、スイッチング電源には小型化と共に大電流化が求められている。チョークコイルやトランスにおける導体の抵抗による損失、いわゆる銅損は、電流値の二乗に比例して大きくなる。そのため、チョークコイルやトランスとして用

いられる平面コイルや平面トランスでは、導体の抵抗値の低減が重要な課題となっている。

スイッチング電源の主要部品の一つであるFET（電界効果トランジスタ）等のスイッチング素子は、半導体技術の進歩と共に損失の低減および小型化が進んでいる。これに対し、スイッチング電源のもう一つの主要部品であるチョークコイルやトランス等の磁性部品は、小型化しにくい部品である。そのため、スイッチング電源全体に対する磁性部品の体積比は大きくなる傾向にある。磁性部品は小型化の方向に進歩しているものの、それは、上記のスイッチング素子の進歩に伴うスイッチング周波数の高周波化に負うところが大きい。しかし、スイッチング周波数が高周波化した場合には、コイルやトランスのコアは小型化または低損失化できるものの、表皮効果の影響で導体における損失である銅損は逆に大きくなるという問題が生じる。

ところで、従来は、平面コイルや平面トランスにおける巻線の各ターン毎の部分の幅は一定である場合が多かった。しかしながら、この場合には、巻線のうちの外側の部分の抵抗が大きくなり、結果的に巻線全体の抵抗が大きくなるという問題点があった。

これに対し、日本特開平5-226155号公報には、コイルにおける巻線の各部分の銅損が同一になるように、巻線の幅を、中心から遠ざかるに従って増大させる技術が開示されている。この技術では、複雑な式を使って巻線の各部分の幅を決定している。また、日本特開平7-37728号公報にも、コイルにおける巻線の各部分の銅損が同一もしくは概ね同一になるように、巻線の幅を、中心から遠ざかるに従って増大させる技術が開示されている。これらの技術では、いずれも、巻線のうちの各ターン毎の部分の内周部の半径 $R_i$ と各ターン毎の部分の幅 $W$ の比である $R_i/W$ を一定にすることによって、コイルにおける巻線の各部分の銅損をいたるところで同一にし、限られた空間的制約の下でコイル全体の銅損が最小になるように図っている。

しかしながら、上述の $R_i/W$ を一定にすることによって、コイル全体の銅損が最小になるのかは証明されていない。

ところで、チョークコイルやトランスにおける巻線のターン数（巻数）は、ス

イッチング電源に要求されるリップル電圧や入出力電圧比、更には電源駆動周波数やコアの形状、物性等で決定されるが、奇数のターン数が要求されることも多い。プリントコイルは、ワイヤーを使ったコイルよりも巻線の設計の自由度が高い。例えば、プリントコイルでは、パターン化導体の幅を変えることによって、

5 決められた巻枠（パターン化導体の配置領域）内に任意のターン数の巻線を形成することができる。また、プリントコイルでは、同じパターンの複数のパターン化導体を積層し、これらをスルーホール等を用いて並列に接続することで、許容電流容量を調整することもできる。

従来、平面コイルや平面トランスにおいて、3ターン以上の奇数のターン数の

10 巻線を形成する方法としては、主に以下の4つの方法が用いられていた。第1の方法は、要求される奇数ターンの巻線を、奇数ターンのパターン化導体を有する1層の導体層で形成する方法である。第2の方法は、例えば日本特開平4-113605号公報に示されるように、1ターンのパターン化導体を有する導体層を奇数層だけ直列に接続する方法である。第3の方法は、偶数ターンのパターン化

15 導体を有する導体層と奇数ターンのパターン化導体を有する導体層とを直列に接続する方法である。第4の方法は、例えば日本特開平10-163039号公報の第6図ないし第9図に示されるように、 $[\text{偶数} + \alpha]$ ターン（ $\alpha$ は0より大きく、1より小さい）のパターン化導体を有する導体層と $[\text{偶数} + (1 - \alpha)]$ ターンのパターン化導体を有する導体層とを直列に接続する方法である。

20 しかしながら、上記のいずれの方法でも、以下のような問題点があった。第1の方法では、巻線の一方の端子をパターン化導体の内周縁付近から導出する必要がある。そのため、第1の方法では、通常、平面コイルに使用されているようなコア、すなわち、巻線を貫通するように配置される部分（いわゆる中足）と巻線の外周側に配置される部分（いわゆる外足）との接続部分が巻線のほとんどを覆うように幅が広がっているコアを使用することができない。第1の方法を用い

25 る場合には、コアとしては、上記接続部分が、パターン化導体の内周縁付近から導出される巻線の端子にぶつからないように、上記接続部分の幅の狭いコアを用いる必要がある。この場合、磁束が飽和しないようなコアの断面積を確保するためには、コアの厚さを大きくする必要がある。従って、第1の方法では、平面コ

イルまたは平面トランスの薄型化が難しくなるという問題がある。

第2の方法では、要求されるターン数と同じ数だけの導体層を積層するため、平面コイルまたは平面トランスが厚くなるという問題点がある。また、第2の方法では、要求されるターン数が多くなるほど、奇数層の導体層を直列に接続するための接続部が多く必要になる。例えば、5ターンの巻線を形成する場合には、端子以外の接続部が4箇所必要となる。そのため、平面コイルまたは平面トランスにおいて、接続部を配置するための領域を広く確保する必要が生じるという問題点がある。また、第2の方法では、導体層の層数が巻線のターン数と一致するため、導体層の層数の設計の自由度が小さいという問題点がある。例えば、5ターンの巻線を形成する場合には、導体層の数は5層単位となる。すなわち、この場合には、例えば電流容量を増やすために導体層の数を増やすには、導体層の層数を5の倍数にするしかなく、所望の電流容量を得るために例えば8層や12層とすることは不可能である。

第3の方法および第4の方法では、2つの導体層でパターン化導体の巻き方向を逆にし、2つのパターン化導体の内側の端部同士を電氣的に接続することにより、巻線の2つの端子を2つのパターン化導体の外側の端部より導出することが可能になる。従って、第3の方法および第4の方法では、巻線の両端子をコアの外側に配置することができるため、中足と外足との接続部分の幅の広い、薄型のコアを使用することができる。また、第3の方法および第4の方法では、導体層の層数の設計を2層単位で行うことができ、導体層の層数の設計の自由度は大きい。

しかしながら、第3の方法および第4の方法では、巻線全体の中で、パターン化導体の幅が大きく異なる所が生じるため、巻線の部分によって電流密度が変化する。そのため、第3の方法および第4の方法では、損失を小さくするという観点では、パターン化導体の最適な設計はできない。

#### 発明の開示

本発明の第1の目的は、限られた空間の中で損失が最小になるように巻線を配置した平面コイルおよび平面トランスを提供することにある。

また、本発明の第2の目的は、奇数ターンの巻線を備えた平面コイルおよび平面トランスであって、薄型化が可能で、導体層の層数の設計の自由度が大きく、損失の小さな平面コイルおよび平面トランスを提供することにある。

本発明の第1の平面コイルは、導体が渦巻き状に配置されて形成された巻線を備えたものであって、巻線はNターン（Nは2以上の整数）の巻線部分を含み、内側からnターン（nは1以上、N以下の整数）目の巻線部分の内周部の半径を $r_i(n)$ 、外周部の半径を $r_o(n)$ とし、最も内側の巻線部分の内周部の半径 $r_{i,1}$ 、最も外側の巻線部分の外周部の半径と最も内側の巻線部分の内周部の半径との差 $W_{i,o,1}$ 、および隣接するターン間における巻線部分間の距離Dが与えられたときに、式（1）で表されるAの値が最小となるように $r_i(n)$ および $r_o(n)$ が定められているものである。ただし、 $r_i(1)=r_{i,1}$ 、 $r_i(n+1)-r_o(n)=D$ 、 $r_o(N)-r_i(1)=W_{i,o,1}$ である。

$$A = \sum_{n=1}^N \left( \log \frac{r_o(n)}{r_i(n)} \right)^{-1} \dots (1)$$

本発明の第1の平面コイルでは、式（1）で表されるAの値が最小となるように $r_i(n)$ および $r_o(n)$ を設定することにより、巻線全体の抵抗値が最小になり、その結果、巻線全体における損失が最小になる。なお、本出願において、巻線部分とは、巻線全体のうちの1ターン分の部分を言う。

本発明の第1の平面コイルにおいて、巻線は複数設けられ、この複数の巻線は、絶縁層を介して厚さ方向に積層され、且つ並列または直列に接続されていてもよい。

本発明の第1の平面トランスは、平面的に形成され、厚さ方向に積層された複数の巻線と、各巻線間に配置された絶縁層とを備え、複数の巻線のうちの一部の巻線が一次巻線となり、複数の巻線のうちの他の一部の巻線が二次巻線となっているものであって、

複数の巻線のうちの少なくとも1つは、導体が渦巻き状に配置されて形成されたNターン（Nは2以上の整数）の巻線部分を含み、内側からnターン（nは1以上、N以下の整数）目の巻線部分の内周部の半径を $r_i(n)$ 、外周部の半径を $r_o(n)$ とし、最も内側の巻線部分の内周部の半径 $r_{i,1}$ 、最も外側の巻線部分の外周

部の半径と最も内側の巻線部分の内周部の半径との差 $W_{i,i+1}$ 、および隣接するターン間における巻線部分間の距離 $D$ が与えられたときに、上記式(1)で表される $A$ の値が最小となるように $r_i(n)$ および $r_o(n)$ が定められているものである。

本発明の第1の平面トランスでは、式(1)で表される $A$ の値が最小となるように $r_i(n)$ および $r_o(n)$ を設定することにより、 $N$ ターンの巻線全体の抵抗値が最小になり、その結果、 $N$ ターンの巻線全体における損失が最小になる。

本発明の第2の平面コイルは、導体によって形成された奇数ターンの巻線を有するものであって、

絶縁層と、導体が渦巻き状に配置されて形成された第1のパターン化導体を有する第1の導体層と、導体が渦巻き状に配置されて形成された第2のパターン化導体を有し、絶縁層を介して第1の導体層に重ね合わされた第2の導体層とを備え、

第1のパターン化導体と第2のパターン化導体は、それぞれ $N$  ( $N$ は1以上の整数) + 1ターンの巻線部分を含み、

第1のパターン化導体および第2のパターン化導体の最も内側の巻線部分同士が並列に接続されることにより、第1のパターン化導体および第2のパターン化導体によって $2N + 1$ ターンの巻線が構成されているものである。

本発明の第2の平面コイルでは、第1のパターン化導体および第2のパターン化導体の最も内側の巻線部分同士が並列に接続され、これらによって巻線における1ターン分の導電路が構成される。また、第1のパターン化導体および第2のパターン化導体における他の巻線部分によって $2N$ ターン分の導電路が構成される。本発明では、第1のパターン化導体と第2のパターン化導体とを、それらの幅に関して同様のパターンにすることが可能である。また、本発明では、第1のパターン化導体および第2のパターン化導体の最も内側の巻線部分によって構成される1ターン分の導電路の厚さは他の導電路の厚さの2倍となるが、その幅を調整することで、 $2N + 1$ ターンの巻線全体の抵抗値を小さくして、巻線全体における損失を小さくすることが可能である。なお、本発明は、第1の導体層と第2の導体層が絶縁層のみを介して重ね合わされている場合に限らず、絶縁層に加え、他の層も介して第1の導体層と第2の導体層が重ね合わされている場合も含



む。

本発明の第2の平面コイルでは、第1のパターン化導体および第2のパターン化導体において、最も内側の巻線部分の幅は実質的に他の巻線部分の幅の半分であってもよい。この場合には、第1のパターン化導体および第2のパターン化導体の最も内側の巻線部分によって構成される1ターン分の導回路の厚さは他の導回路の厚さの2倍となるが、その幅は実質的に他の導回路の幅の半分となるので、その断面積は実質的に他の導回路の断面積と等しくなる。従って、 $2N+1$ ターンの巻線の各部における電流密度は均一化され、巻線における損失が低減される。

なお、本出願において、巻線部分とは、パターン化導体のうちの1ターン分の部分を言う。また、本出願において、「実質的に半分」というのは、正確に半分の値と、それに対して設計上での丸め誤差や製造上の誤差等の許容範囲の誤差を含めた値とを含むという意味である。

また、本発明の第2の平面コイルでは、第1のパターン化導体および第2のパターン化導体において、内側から $n$ ターン（ $n$ は1以上、 $N+1$ 以下の整数）目の巻線部分の内周部の半径を $r_i(n)$ 、外周部の半径を $r_o(n)$ とし、最も内側の巻線部分の内周部の半径 $r_{i1}$ 、最も外側の巻線部分の外周部の半径と最も内側の巻線部分の内周部の半径との差 $W_{1o1a1}$ 、および隣接するターン間における巻線部分間の距離 $D$ が与えられたときに、以下の式（5）で表される $A$ の値が最小となるように $r_i(n)$ および $r_o(n)$ が定められていてもよい。ただし、 $K(1)=0.5$ 、 $n \geq 2$ のとき $K(n)=2$ 、 $r_i(1)=r_{i1}$ 、 $r_i(n+1)-r_o(n)=D$ 、 $r_o(N+1)-r_i(1)=W_{1o1a1}$ である。

$$A = \sum_{n=1}^{N+1} K(n) \left( \log \frac{r_o(n)}{r_i(n)} \right)^{-1} \dots (5)$$

このように、式（5）で表される $A$ の値が最小となるように $r_i(n)$ および $r_o(n)$ を設定することにより、 $2N+1$ ターンの巻線全体の抵抗値が最小になり、その結果、巻線全体における損失が最小になる。

また、本発明の第2の平面コイルにおいて、複数組の絶縁層、第1の導体層および第2の導体層が厚さ方向に積層され、各組毎の巻線が並列に接続されていてもよい。

本発明の第2の平面トランスは、それぞれ平面的に配置された導体によって形成された一次巻線と二次巻線とを有するものであって、一次巻線と二次巻線の少なくとも一方は、導体が渦巻き状に配置されて形成された第1のパターン化導体を有する第1の導体層と、導体が渦巻き状に配置されて形成された第2のパターン化導体を有し、絶縁層を介して第1の導体層に重ね合わされた第2の導体層とを備え、

第1のパターン化導体と第2のパターン化導体は、それぞれ $N$  ( $N$ は1以上の整数) + 1ターンの巻線部分を含み、

第1のパターン化導体および第2のパターン化導体の最も内側の巻線部分同士が並列に接続されることにより、第1のパターン化導体および第2のパターン化導体によって $2N + 1$ ターンの巻線が構成されているものである。

本発明の第2の平面トランスでは、第1のパターン化導体および第2のパターン化導体の最も内側の巻線部分同士が並列に接続され、これらによって巻線における1ターン分の導電路が構成される。また、第1のパターン化導体および第2のパターン化導体における他の巻線部分によって $2N$ ターン分の導電路が構成される。本発明では、第1のパターン化導体と第2のパターン化導体とを、それらの幅に関して同様のパターンにすることが可能である。また、本発明では、第1のパターン化導体および第2のパターン化導体の最も内側の巻線部分によって構成される1ターン分の導電路の厚さは他の導電路の厚さの2倍となるが、その幅を調整することで、 $2N + 1$ ターンの巻線全体の抵抗値を小さくして、巻線全体における損失を小さくすることが可能である。なお、本発明は、第1の導体層と第2の導体層が絶縁層のみを介して重ね合わされている場合に限らず、絶縁層に加え、他の層も介して第1の導体層と第2の導体層が重ね合わされている場合も含む。

本発明の第2の平面トランスでは、第1のパターン化導体および第2のパターン化導体において、最も内側の巻線部分の幅は実質的に他の巻線部分の幅の半分であってもよい。この場合には、第1のパターン化導体および第2のパターン化導体の最も内側の巻線部分によって構成される1ターン分の導電路の厚さは他の導電路の厚さの2倍となるが、その幅は実質的に他の導電路の幅の半分となるの

で、その断面積は実質的に他の導回路の断面積と等しくなる。従って、 $2N+1$  ターンの巻線の各部における電流密度は均一化され、巻線における損失が低減される。

また、本発明の第2の平面トランスでは、第1のパターン化導体および第2のパターン化導体において、内側から  $n$  ターン ( $n$  は1以上、 $N+1$  以下の整数) 目の巻線部分の内周部の半径を  $r_i(n)$ 、外周部の半径を  $r_o(n)$  とし、最も内側の巻線部分の内周部の半径  $r_{i1}$ 、最も外側の巻線部分の外周部の半径と最も内側の巻線部分の内周部の半径との差  $W_{1o1i1}$ 、および隣接するターン間における巻線部分間の距離  $D$  が与えられたときに、以下の式(5)で表される  $A$  の値が最小となるように  $r_i(n)$  および  $r_o(n)$  が定められていてもよい。ただし、 $K(1)=0.5$ 、 $n \geq 2$  のとき  $K(n)=2$ 、 $r_i(1)=r_{i1}$ 、 $r_i(n+1)-r_o(n)=D$ 、 $r_o(N+1)-r_i(1)=W_{1o1i1}$  である。

$$A = \sum_{n=1}^{N+1} K(n) \left( \log \frac{r_o(n)}{r_i(n)} \right)^{-1} \dots (5)$$

このように、式(5)で表される  $A$  の値が最小となるように  $r_i(n)$  および  $r_o(n)$  を設定することにより、 $2N+1$  ターンの巻線全体の抵抗値が最小になり、その結果、巻線全体における損失が最小になる。

本発明のその他の目的、特徴および利益は、以下の説明を以って十分明白になるであろう。

#### 図面の簡単な説明

- 第1図は、本発明の第1の実施の形態に係る平面コイルの平面図である。
- 第2図は、第1図における2-2線断面図である。
- 第3図は、第1の比較例の平面コイルの平面図である。
- 第4図は、第2の比較例の平面コイルの平面図である。
- 第5図は、本発明の第2の実施の形態に係る平面コイルの平面図である。
- 第6図は、第5図に示した平面コイルの右側面図である。
- 第7図は、第5図における7-7線断面図である。
- 第8図は、本発明の第2の実施の形態に係る平面コイルにおける最上層の巻線

とその下の絶縁層とを示す平面図である。

第 9 図は、本発明の第 2 の実施の形態に係る平面コイルにおける上から 2 番目の巻線とその下の絶縁層とを示す平面図である。

第 10 図は、本発明の第 2 の実施の形態に係る平面コイルにおける上から 3 番目の巻線とその下の絶縁層とを示す平面図である。

第 11 図は、本発明の第 2 の実施の形態に係る平面コイルにおける最下層の巻線を示す平面図である。

第 12 図は、本発明の第 2 の実施の形態に係る平面コイルにおける絶縁層を示す平面図である。

第 13 図は、本発明の第 3 の実施の形態に係る平面トランスの平面図である。

第 14 図は、第 13 図に示した平面トランスの右側面図である。

第 15 図は、第 13 図における 15-15 線断面図である。

第 16 図は、本発明の第 3 の実施の形態に係る平面トランスにおける最上層の巻線とその下の絶縁層とを示す平面図である。

第 17 図は、本発明の第 3 の実施の形態に係る平面トランスにおける上から 2 番目の巻線とその下の絶縁層とを示す平面図である。

第 18 図は、本発明の第 3 の実施の形態に係る平面トランスにおける上から 3 番目の巻線とその下の絶縁層とを示す平面図である。

第 19 図は、本発明の第 3 の実施の形態に係る平面トランスにおける最下層の巻線を示す平面図である。

第 20 図は、本発明の第 3 の実施の形態に係る平面トランスにおける絶縁層を示す平面図である。

第 21 図は、本発明の第 4 の実施の形態に係る平面コイルにおける第 1 の導体層とその下の絶縁層とを示す平面図である。

第 22 図は、本発明の第 4 の実施の形態に係る平面コイルにおける絶縁層を示す平面図である。

第 23 図は、本発明の第 4 の実施の形態に係る平面コイルにおける第 2 の導体層を示す平面図である。

第 24 図は、第 21 図における 24-24 線で示す断面を拡大して表した断面

図である。

第 25 図は、本発明の第 5 の実施の形態に係る平面コイルにおける第 1 の導体層とその下の絶縁層とを示す平面図である。

第 26 図は、本発明の第 5 の実施の形態に係る平面コイルにおける第 2 の導体層を示す平面図である。

第 27 図は、第 5 の比較例の平面コイルにおける第 1 の導体層とその下の絶縁層とを示す平面図である。

第 28 図は、第 5 の比較例の平面コイルにおける第 2 の導体層を示す平面図である。

第 29 図は、第 6 の比較例の平面コイルにおける第 1 の導体層とその下の絶縁層とを示す平面図である。

第 30 図は、第 6 の比較例の平面コイルにおける第 2 の導体層を示す平面図である。

第 31 図は、本発明において各ターン毎の巻線部分の幅を変えたときの、本発明における巻線全体の抵抗値と比較例における巻線全体の抵抗値との比の変化の一例を示す特性図である。

第 32 図は、本発明において各ターン毎の巻線部分の幅を変えたときの、本発明における巻線全体の抵抗値と比較例における巻線全体の抵抗値との比の変化の他の例を示す特性図である。

第 33 図は、本発明の第 6 の実施の形態に係る平面コイルにおける第 1 の導体層とその下の絶縁層とを示す平面図である。

第 34 図は、本発明の第 6 の実施の形態に係る平面コイルにおける絶縁層を示す平面図である。

第 35 図は、本発明の第 6 の実施の形態に係る平面コイルにおける第 2 の導体層を示す平面図である。

第 36 図は、第 33 図における 36-36 線で示す断面を拡大して表した断面図である。

第 37 図は、本発明の第 7 の実施の形態に係る平面コイルにおける第 1 の導体層とその下の絶縁層とを示す平面図である。

第 38 図は、本発明の第 7 の実施の形態に係る平面コイルにおける第 2 の導体層を示す平面図である。

第 39 図は、第 7 の比較例の平面コイルにおける第 1 の導体層とその下の絶縁層とを示す平面図である。

5 第 40 図は、第 7 の比較例の平面コイルにおける第 2 の導体層を示す平面図である。

第 41 図は、本発明の第 8 の実施の形態に係る平面コイルの平面図である。

第 42 図は、第 41 図に示した平面コイルの右側面図である。

10 第 43 図は、第 41 図における 43-43 線で示す断面を拡大して表した断面図である。

第 44 図は、本発明の第 8 の実施の形態に係る平面コイルにおけるコアを示す平面図である。

第 45 図は、本発明の第 8 の実施の形態に係る平面コイルにおけるコアの側面図である。

15 第 46 図は、本発明の第 9 の実施の形態に係る平面コイルの断面図である。

第 47 図は、第 8 の比較例の平面コイルの断面図である。

第 48 図は、本発明の第 10 の実施の形態に係る平面トランスの平面図である。

第 49 図は、第 48 図に示した平面トランスの右側面図である。

20 第 50 図は、第 48 図における 50-50 線で示す断面を拡大して表した断面図である。

第 51 図は、本発明の第 10 の実施の形態に係る平面トランスにおける PA 層とその下の絶縁層とを示す平面図である。

第 52 図は、本発明の第 10 の実施の形態に係る平面トランスにおける PB 層とその下の絶縁層とを示す平面図である。

25 第 53 図は、本発明の第 10 の実施の形態に係る平面トランスにおける SA 層とその下の絶縁層とを示す平面図である。

第 54 図は、本発明の第 10 の実施の形態に係る平面トランスにおける SB 層とその下の絶縁層とを示す平面図である。

第 55 図は、本発明の第 10 の実施の形態に係る平面トランスにおける絶縁層

の平面図である。

第56図は、第9の比較例の平面トランスの断面図である。

発明を実施するための最良の形態

5      以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

〔第1の実施の形態〕

まず、第1図および第2図を参照して、本発明の第1の実施の形態に係る平面コイルの構成について説明する。第1図は本実施の形態に係る平面コイルの平面図、第2図は第1図における2-2線断面図である。本実施の形態に係る平面コイルは、円板状の絶縁層10と、この絶縁層10の一方の面に形成されたNターン（Nは2以上の整数）の巻線11とを備えている。第1図には、一例として5ターンの巻線11を示している。絶縁層10の中心部分には円形の孔10aが形成されている。巻線11は、孔10aの外周部と絶縁層10の外周部との間の領域に配置されている。また、孔10aにはコアを挿入できるようになっている。

10      巻線11は、箔状を含む平板状の導体が渦巻き状に配置されて形成されたパターン化導体によって構成されている。導体としては例えば銅が用いられる。巻線11の両端部の位置には、巻線11と絶縁層10とを貫通するスルーホール12が形成されている。このスルーホール12は、例えば、平面コイルの端子として用いられ、複数の平面コイルを並列または直列に接続する際の接続部として

15      用いられる。

20

本実施の形態に係る平面コイルは、例えば、絶縁基板の一面に導体層が形成されたプリント基板における導体層をエッチングすることによって製造してもよいし、導体板を打ち抜いて製造してもよい。また、スパッタ法等の薄膜形成技術によって絶縁基板の一面にパターン化導体を形成することによって製造してもよい。

25      本実施の形態に係る平面コイルにおいて巻線11は、Nターンの巻線部分を含み、内側からnターン（nは1以上、N以下の整数）目の巻線部分の内周部の半径（以下、内半径と言う。）を $r_i(n)$ 、外周部の半径（以下、外半径と言う。）を $r_o(n)$ とし、最も内側の巻線部分の内半径 $r_{o,i,1}$ 、最も外側の巻線部分の外半径と最も内側の巻線部分の内半径との差 $W_{i,o,1}$ 、および隣接するターン間における

巻線部分間の距離  $D$  が与えられたときに、以下の式 (1) で表される  $A$  の値が最小となるように  $r_i(n)$  および  $r_o(n)$  が定められている。ただし、 $r_i(1) = r_{min}$ 、 $r_i(n+1) - r_o(n) = D$ 、 $r_o(N) - r_i(1) = W_{total}$  である。また、 $\log x$  は  $x$  の自然対数である。

$$A = \sum_{n=1}^N \left( \log \frac{r_o(n)}{r_i(n)} \right)^{-1} \dots (1)$$

- 5 式 (1) で表される  $A$  の値が最小となるように  $r_i(n)$  および  $r_o(n)$  を設定することにより、巻線 1 1 の全体の抵抗値が最小になり、その結果、巻線 1 1 の全体における損失が最小になる。以下、このことを詳しく説明する。

- まず、厚さ  $t$ 、内半径  $r$ 、外半径  $r + dr$  のリング状のパターン化導体を考える。このパターン化導体の抵抗値は、幅  $dr$  が充分微小であるならば、 $(2\pi r \times \rho) / (t \times dr)$  で表してよい。ここで、 $\rho$  は導体の体積抵抗率である。従って、パターン化導体のコンダクタンス、つまり抵抗値の逆数は、 $(t \times dr) / (2\pi r \times \rho)$  となる。

- 15 内半径  $r_i$ 、外半径  $r_o$  のリング状のパターン化導体は、上述のような微小な幅  $dr$  を持つリング状のパターン化導体が並列に接続しているものと等価であると考えられる。従って、厚さ  $t$ 、内半径  $r_i$ 、外半径  $r_o$  のリング状のパターン化導体のコンダクタンスは、以下の式 (2) のように、 $(t \times dr) / (2\pi r \times \rho)$  を  $r_i \sim r_o$  の範囲で積分することによって求めることができる。

$$\int_{r_i}^{r_o} \frac{t}{2\pi r \rho} dr = \frac{t}{2\pi \rho} \int_{r_i}^{r_o} \frac{1}{r} dr = \frac{t}{2\pi \rho} [\log r]_{r_i}^{r_o} = \frac{t}{2\pi \rho} (\log r_o - \log r_i) = \frac{t}{2\pi \rho} \log \left( \frac{r_o}{r_i} \right) \dots (2)$$

- 20 厚さ  $t$ 、内半径  $r_i$ 、外半径  $r_o$  のリング状のパターン化導体の抵抗値  $R$  は、このパターン化導体のコンダクタンスの逆数であるから、以下の式 (3) で表される。

$$R = \frac{2\pi \rho}{t \cdot \log \frac{r_o}{r_i}} \dots (3)$$

$N$  ターンの巻線部分よりなる巻線 1 1 は、 $N$  個のリング状のパターン化導体 (巻線部分) が直列に接続されているものと同等と考えられる。従って、 $N$  ターンの巻線 1 1 全体の抵抗値  $R_{total}$  は、以下の式 (4) で表される。



$$R_{\text{total}} = \sum_{n=1}^N \frac{2 \pi \rho}{t \log \frac{r_o(n)}{r_i(n)}} \dots (4)$$

従って、最も内側の巻線部分の内半径  $r_{i,1}$ 、最も外側の巻線部分の外半径と最も内側の巻線部分の内半径との差  $W_{1,1}$ 、および隣接するターン間における巻線部分間の距離  $D$  が与えられたときに、巻線 1 1 全体の抵抗値を最小にするには、前記の式 (1) で表される  $A$  の値が最小となるように  $r_i(n)$  および  $r_o(n)$  を設定すればよい。

$A$  の値が最小となる  $r_i(n)$  および  $r_o(n)$  の値は、解析的に求めるのは難しいが、コンピュータを利用した数値計算によって求めることができる。

次に、本実施の形態に係る平面コイルの実施例について説明すると共に、実施例の平面コイルと比較例の平面コイルとで、計算で求めた抵抗値を比較した結果について説明する。

第 1 の実施例の平面コイルは、第 1 図および第 2 図に示したように、5 ターンの巻線 1 1 を備えたものである。この平面コイルでは、巻線 1 1 を構成する導体として銅を用い、導体の厚さ  $t$  を 0.5 mm、最も内側の巻線部分の内半径  $r_{i,1}$  を 4 mm、最も外側の巻線部分の外半径と最も内側の巻線部分の内半径との差  $W_{1,1}$  を 12 mm、隣接するターン間における巻線部分間の距離  $D$  を 0.7 mm とした。この平面コイルについて、コンピュータを利用した数値計算により式 (1) で表される  $A$  の値が最小となるときの各ターン毎の巻線部分の内半径  $r_i(n)$  および外半径  $r_o(n)$  を求めると共に、巻線 1 1 全体の抵抗値  $R_{1,1}$  を求めた。なお、銅の体積抵抗率は  $1.72 \times 10^{-8}$  ( $\Omega \text{m}$ ) とした。また、以下、各ターン毎の巻線部分の幅  $r_o(n) - r_i(n)$  を  $W(n)$  で表す。

第 3 図は第 1 の比較例の平面コイルの平面図である。第 1 の比較例の平面コイルは、円板状の絶縁層 1 1 0 と、この絶縁層 1 1 0 の一方の面に形成された 5 ターンの巻線 1 1 1 とを備えている。この平面コイルでは、各ターン毎の巻線部分の幅  $W(n)$  を一定にしている。第 1 の比較例の平面コイルにおけるその他の条件は第 1 の実施例と同様である。

第 4 図は第 2 の比較例の平面コイルの平面図である。第 2 の比較例の平面コイ

ルは、円板状の絶縁層 120 と、この絶縁層 120 の一方の面に形成された 5 ターンの巻線 121 とを備えている。この平面コイルでは、各ターン毎の巻線部分の内半径  $r_i(n)$  と巻線部分の幅  $W(n)$  との比  $r_i(n)/W(n)$  を一定にしている。第 2 の比較例の平面コイルにおけるその他の条件は第 1 の実施例と同様である。

- 5 第 1 の実施例、第 1 の比較例および第 2 の比較例のそれぞれの平面コイルにおける各ターン毎の巻線部分の幅  $W(n)$  と巻線全体の抵抗値  $R_{total}$  は、下記の表に示したようになる。

	第 1 の実施例	第 1 の比較例	第 2 の比較例
$W(1)(mm)$	1. 0 3	1. 8 4	0. 9 1
$W(2)(mm)$	1. 3 7	1. 8 4	1. 2 8
$W(3)(mm)$	1. 7 7	1. 8 4	1. 7 4
$W(4)(mm)$	2. 2 4	1. 8 4	2. 2 9
$W(5)(mm)$	2. 8 0	1. 8 4	2. 9 8
$R_{total}(m\Omega)$	5. 2 3 2	5. 8 5 4	5. 2 5 2

- 上記の表から分かるように、第 1 の実施例の平面コイルでは、巻線全体の抵抗値  $R_{total}$  を、第 1 の比較例の平面コイルに比べて 10. 63 % 低減でき、第 2 の比較例の平面コイルに比べて 0. 38 % 低減できる。

- 第 2 の実施例の平面コイルは、図示しないが、4 ターンの巻線 11 を備えたものである。この平面コイルでは、巻線 11 を構成する導体として銅を用い、導体の厚さ  $t$  を 0. 06 mm、最も内側の巻線部分の内半径  $r_{i1}$  を 3 mm、最も外側の巻線部分の外半径と最も内側の巻線部分の内半径との差  $W_{total}$  を 5 mm、隣接するターン間における巻線部分間の距離  $D$  を 0. 2 mm とした。この平面コイルについて、コンピュータを利用した数値計算により式 (1) で表される  $A$  の値が最小となるとき各ターン毎の巻線部分の内半径  $r_i(n)$  および外半径  $r_o(n)$  を求めると共に、巻線 11 全体の抵抗値  $R_{total}$  を求めた。

- 第 3 の比較例の平面コイルは、4 ターンの巻線を備え、各ターン毎の巻線部分の幅  $W(n)$  を一定にしたものである。第 3 の比較例の平面コイルにおけるその他の条件は第 2 の実施例と同様である。

第4の比較例の平面コイルは、4ターンの巻線を備え、各ターン毎の巻線部分の内半径  $r_i(n)$  と巻線部分の幅  $W(n)$  との比  $r_i(n)/W(n)$  を一定にしたものである。第4の比較例の平面コイルにおけるその他の条件は第2の実施例と同様である。

- 5 第2の実施例、第3の比較例および第4の比較例のそれぞれの平面コイルにおける各ターン毎の巻線部分の幅  $W(n)$  と巻線全体の抵抗値  $R_{total}$  は、下記の表に示したようになる。

	第2の実施例	第3の比較例	第4の比較例
$W(1)(mm)$	0.74	1.10	0.72
$W(2)(mm)$	0.95	1.10	0.94
$W(3)(mm)$	1.20	1.10	1.21
$W(4)(mm)$	1.51	1.10	1.54
$R_{total}(m\Omega)$	33.63	35.89	33.65

- 上記の表から分かるように、第2の実施例の平面コイルでは、巻線全体の抵抗値  $R_{total}$  を、第3の比較例の平面コイルに比べて6.31%低減でき、第4の比較例の平面コイルに比べては0.05%とわずかなではあるが低減できる。

- 以上説明したように、本実施の形態に係る平面コイルによれば、式(1)で表されるAの値が最小となるように  $r_i(n)$  および  $r_o(n)$  を設定したので、巻線11全体の抵抗値を最小にすることができる。従って、本実施の形態によれば、限られた空間の中で損失が最小になるように巻線11を配置することができ、その結果、導体の抵抗による損失を低減することができる。また、本実施の形態に係る平面コイルによれば、各ターン毎の巻線部分の幅  $W(n)$  を一定にした平面コイルや、各ターン毎の巻線部分の内半径  $r_i(n)$  と巻線部分の幅  $W(n)$  との比  $r_i(n)/W(n)$  を一定にした平面コイルに比べても、巻線11全体の抵抗値を低減することができる。

## 20 [第2の実施の形態]

次に、本発明の第2の実施の形態に係る平面コイルの構成について説明する。第5図は本実施の形態に係る平面コイルの平面図、第6図は第5図に示した平面

コイルの右側面図、第 7 図は第 5 図における 7-7 線断面図である。これらの図に示したように、本実施の形態に係る平面コイルは、それぞれ箔状を含む平板状の導体によって形成されたパターン化導体よりなり、厚さ方向に積層された 4 つの巻線 21~24 と、各巻線間に配置された 3 つの絶縁層 20 と、これら巻線 21~24 および絶縁層 20 の積層体に装着された E 型のコア 25A, 25B とを備えている。導体としては例えば銅が用いられる。

第 8 図は最上層の巻線 21 とその下の絶縁層 20 とを示す平面図、第 9 図は上から 2 番目の巻線 22 とその下の絶縁層 20 とを示す平面図、第 10 図は上から 3 番目の巻線 23 とその下の絶縁層 20 とを示す平面図、第 11 図は最下層の巻線 24 を示す平面図、第 12 図は絶縁層 20 を示す平面図である。

第 12 図に示したように、絶縁層 20 は、ほぼ円板状をなしている。絶縁層 20 の中心部分には円形の孔 20a が形成されている。また、絶縁層 20 は、外周部の一部が半径方向外側に膨出した膨出部 20b を有している。各巻線 21~24 は、孔 20a の外周部と絶縁層 20 の外周部との間の領域に配置されている。

巻線 21~24 は、それぞれ、箔状を含む平板状の導体が渦巻き状に配置されて形成されたパターン化導体によって構成されている。また、巻線 21~24 は N ターン (N は 2 以上の整数) の巻線となっている。第 8 図ないし第 11 図には、一例として、5 ターンの巻線 21~24 を示している。

第 8 図および第 10 図に示したように、巻線 21, 23 は内側から外側にかけて時計回り方向に巻回されている。また、巻線 21, 23 の外側の端部は、絶縁層 20 の膨出部 20b において右側の位置に配置されている。この巻線 21, 23 の外側の端部が配置された位置には、3 つの絶縁層 20 および巻線 21, 23 を貫通するスルーホール 26a が形成されている。巻線 21, 23 の外側の各端部は、このスルーホール 26a を介して互いに電氣的に接続されている。

一方、第 9 図および第 11 図に示したように、巻線 22, 24 は内側から外側にかけて反時計回り方向に巻回されている。また、巻線 22, 24 の外側の端部は、絶縁層 20 の膨出部 20b において左側の位置に配置されている。この巻線 22, 24 の外側の端部が配置された位置には、3 つの絶縁層 20 および巻線 22, 24 を貫通するスルーホール 26b が形成されている。巻線 22, 24 の外

側の各端部は、このスルーホール 26 b を介して互いに電氣的に接続されている。

第 8 図ないし第 11 図に示したように、巻線 21 ~ 24 の内側の端部は、互いに重なる位置に配置されている。この巻線 21 ~ 24 の内側の端部が配置された位置には、3つの絶縁層 20 および巻線 21 ~ 24 を貫通するスルーホール 28 が形成されている。巻線 21 ~ 24 の内側の各端部は、このスルーホール 28 を介して互いに電氣的に接続されている。

このようにして、巻線 21 と巻線 23 は並列に接続され、巻線 22 と巻線 24 も並列に接続されている。巻線 21, 23 と巻線 22, 24 は直列に接続されている。従って、巻線 21 ~ 24 が全て 5 ターンの場合には、巻線 21 ~ 24 によって 10 ターンの巻線が構成される。

第 6 図に示したように、スルーホール 26 a、26 b には、例えば、端子 27 が挿入されるようになっている。

また、第 7 図に示したように、E 型のコア 25 A, 25 B は、中央の凸部同士が絶縁層 20 の孔 20 a を通って突き合わされるように配置されている。

巻線 21 と巻線 22 は、絶縁基板の両面に導体層が形成された両面プリント基板における各導体層をエッチングすることによって形成してもよい。巻線 23 と巻線 24 も同様の方法で形成してもよい。この場合には、絶縁層 20 を介して 2 枚の両面プリント基板を積層することによって、巻線 21 ~ 24 および絶縁層 20 の積層体を形成することができる。あるいは、巻線 22 と巻線 23 を、両面プリント基板における各導体層をエッチングすることによって形成し、この両面プリント基板の上下に絶縁層を介して片面プリント基板を積層した後、表面に出ている 2 つの片面プリント基板の各導体層をエッチングして巻線 21 と巻線 24 を形成することで、巻線 21 ~ 24 および絶縁層 20 の積層体を形成してもよい。あるいは、導体板を打ち抜いて巻線 21 ~ 24 を形成し、これらを、ポリイミドフィルム等の絶縁層を介して積層することで、巻線 21 ~ 24 および絶縁層 20 の積層体を形成してもよい。また、スパッタ法等の薄膜形成技術によって、巻線 21 ~ 24 および絶縁層 20 の積層体を形成してもよい。

本実施の形態に係る平面コイルにおいて、各巻線 21 ~ 24 は、第 1 の実施の形態における巻線 11 と同様に、N ターンの巻線部分を含み、内側から n ターン

目の巻線部分の内半径を  $r_i(n)$ 、外半径を  $r_o(n)$  とし、最も内側の巻線部分の内半径  $r_{i,1}$ 、最も外側の巻線部分の外半径と最も内側の巻線部分の内半径との差  $W_{i,1}$ 、および隣接するターン間における巻線部分間の距離  $D$  が与えられたときに、式 (1) で表される  $A$  の値が最小となるように  $r_i(n)$  および  $r_o(n)$  が定められている。

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 1 の実施の形態と同様である。

### [第 3 の実施の形態]

次に、本発明の第 3 の実施の形態に係る平面トランスの構成について説明する。

第 1 3 図は本実施の形態に係る平面トランスの平面図、第 1 4 図は第 1 3 図に示した平面トランスの右側面図、第 1 5 図は第 1 3 図における 1 5 - 1 5 線断面図である。これらの図に示したように、本実施の形態に係る平面トランスは、それぞれ箔状を含む平板状の導体によって形成されたパターン化導体よりなり、厚さ方向に積層された 4 つの巻線 3 1 ~ 3 4 と、各巻線間に配置された 3 つの絶縁層 3 0 と、これら巻線 3 1 ~ 3 4 および絶縁層 3 0 の積層体に装着された E 型のコア 3 5 A、3 5 B とを備えている。導体としては例えば銅が用いられる。巻線 3 1 ~ 3 4 は、本発明における「平面的に形成され、厚さ方向に積層された複数の巻線」に対応する。

第 1 6 図は最上層の巻線 3 1 とその下の絶縁層 3 0 とを示す平面図、第 1 7 図は上から 2 番目の巻線 3 2 とその下の絶縁層 3 0 とを示す平面図、第 1 8 図は上から 3 番目の巻線 3 3 とその下の絶縁層 3 0 とを示す平面図、第 1 9 図は最下層の巻線 3 4 を示す平面図、第 2 0 図は絶縁層 3 0 を示す平面図である。

第 2 0 図に示したように、絶縁層 3 0 は、ほぼ円板状をなしている。絶縁層 3 0 の中心部分には円形の孔 3 0 a が形成されている。また、絶縁層 3 0 は、外周部の一部が半径方向外側に膨出した膨出部 3 0 b、3 0 c を有している。膨出部 3 0 b、3 0 c は、孔 3 0 a 中心として互いに対称な位置に配置されている。各巻線 3 1 ~ 3 4 は、孔 3 0 a の外周部と絶縁層 3 0 の外周部との間の領域に配置されている。なお、第 2 0 図では図示していないが、巻線 3 2、3 3 の間に配置された絶縁層 3 0 には、後述するスルーホール 3 8 が形成されている。

第16図および第19図に示したように、巻線31, 34は、それぞれ、1ターンの巻線になっている。巻線31, 34のそれぞれの一端部は、絶縁層30の膨出部30cにおいて右側の位置に配置されている。この巻線31, 34の一端部が配置された位置には、3つの絶縁層30および巻線31, 34を貫通するスルーホール39aが形成されている。巻線31, 34の一端部は、このスルーホール39aを介して互いに電氣的に接続されている。また、巻線31, 34のそれぞれの他端部は、絶縁層30の膨出部30cにおいて左側の位置に配置されている。この巻線31, 34の他端部が配置された位置には、3つの絶縁層30および巻線31, 34を貫通するスルーホール39bが形成されている。巻線31, 34の他端部は、このスルーホール39bを介して互いに電氣的に接続されている。従って、巻線31, 34は並列に接続されている。

一方、第17図および第18図に示したように、巻線32, 33は、それぞれ、箔状を含む平板状の導体が渦巻き状に配置されて形成されたパターン化導体によって構成されている。また、巻線32, 33はNターン（Nは2以上の整数）の巻線となっている。第17図および第18図には、一例として、5ターンの巻線32, 33を示している。

第17図に示したように、巻線32は内側から外側にかけて反時計回り方向に巻回されている。また、巻線32の外側の端部は、絶縁層30の膨出部30bにおいて左側の位置に配置されている。この巻線32の外側の端部が配置された位置には、3つの絶縁層30および巻線32を貫通するスルーホール36bが形成されている。

第18図に示したように、巻線33は内側から外側にかけて時計回り方向に巻回されている。また、巻線33の外側の端部は、絶縁層30の膨出部30bにおいて右側の位置に配置されている。この巻線33の外側の端部が配置された位置には、3つの絶縁層30および巻線33を貫通するスルーホール36aが形成されている。

第17図および第18図に示したように、巻線32, 33の内側の端部は、互いに重なる位置に配置されている。この巻線32, 33の内側の端部が配置された位置には、巻線32, 33とこれらの間に配置された絶縁層30とを貫通する

スルーホール 3 8 が形成されている。巻線 3 2, 3 3 の内側の各端部は、このスルーホール 3 8 を介して互いに電氣的に接続されている。従って、巻線 3 2 と巻線 3 3 は直列に接続されている。巻線 3 2, 3 3 がそれぞれ 5 ターンの場合には、巻線 3 2, 3 3 によって 1 0 ターンの巻線が構成される。

- 5      第 1 4 図に示したように、スルーホール 3 6 a、3 6 b には、例えば、端子 3 7 A が挿入され、スルーホール 3 9 には、例えば、端子 3 7 B が挿入されるようになっている。

また、第 1 5 図に示したように、E 型のコア 3 5 A, 3 5 B は、中央の凸部同士が絶縁層 3 0 の孔 3 0 a を通って突き合わされるように配置されている。

- 10      巻線 3 1 と巻線 3 2 は、絶縁基板の両面に導体層が形成された両面プリント基板における各導体層をエッチングすることによって形成してもよい。巻線 3 3 と巻線 3 4 も同様の方法で形成してもよい。この場合には、絶縁層 3 0 を介して 2 枚の両面プリント基板を積層することによって、巻線 3 1 ~ 3 4 および絶縁層 3 0 の積層体を形成することができる。あるいは、巻線 3 2 と巻線 3 3 を、両面  
15      プリント基板における各導体層をエッチングすることによって形成し、この両面プリント基板の上下に絶縁層を介して片面プリント基板を積層した後、表面に出ている 2 つの片面プリント基板の各導体層をエッチングして巻線 3 1 と巻線 3 4 を形成することで、巻線 3 1 ~ 3 4 および絶縁層 3 0 の積層体を形成してもよい。  
あるいは、導体板を打ち抜いて巻線 3 1 ~ 3 4 を形成し、これらを、ポリイミド  
20      フィルム等の絶縁層を介して積層することで、巻線 3 1 ~ 3 4 および絶縁層 3 0 の積層体を形成してもよい。また、スパッタ法等の薄膜形成技術によって、巻線 3 1 ~ 3 4 および絶縁層 3 0 の積層体を形成してもよい。

本実施の形態に係る平面トランスでは、巻線 3 1, 3 4 と、巻線 3 2, 3 3 のうちの一方が一次巻線となり、他方が二次巻線となる。

- 25      本実施の形態に係る平面トランスにおいて、巻線 3 2, 3 3 は、第 1 の実施の形態における巻線 1 1 と同様に、N ターンの巻線部分を含み、内側から n ターン目の巻線部分の内半径を  $r_i(n)$ 、外半径を  $r_o(n)$  とし、最も内側の巻線部分の内半径  $r_{i,1}$ 、最も外側の巻線部分の外半径と最も内側の巻線部分の内半径との差  $W_{total}$ 、および隣接するターン間における巻線部分間の距離 D が与えられたと



きに、式（１）で表される $A$ の値が最小となるように $r_i(n)$ および $r_o(n)$ が定められている。

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第１の実施の形態と同様である。

- 5      なお、第１ないし第３の実施の形態において、巻線のターン数や巻線の数、任意に設定可能である。

また、第１ないし第３の実施の形態において、巻線は、平板状以外の導体、例えば丸線の導体によって構成されていてもよい。

- 10      以上説明したように第１ないし第３の実施の形態によれば、式（１）で表される $A$ の値が最小となるように $r_i(n)$ および $r_o(n)$ を設定することにより、限られた空間の中で損失が最小になるように巻線を配置することができ、その結果、導体の抵抗による損失を低減することができる。

〔第４の実施の形態〕

- 15      次に、第２１図ないし第２４図を参照して、本発明の第４の実施の形態に係る平面コイルの構成について説明する。第２１図は本実施の形態に係る平面コイルにおける第１の導体層とその下の絶縁層とを示す平面図、第２２図は本実施の形態に係る平面コイルにおける絶縁層を示す平面図、第２３図は本実施の形態に係る平面コイルにおける第２の導体層を示す平面図、第２４図は第２１図における２４－２４線で示す断面を拡大して表した断面図である。

- 20      本実施の形態に係る平面コイルは、矩形の板状の絶縁層４０と、この絶縁層４０の一方の面（上面）に形成された第１の導体層４１と、絶縁層４０の他方の面（下面）に形成された第２の導体層４２とを備えている。このように、第１の導体層４１と第２の導体層４２は、絶縁層４０を介して重ね合わされている。

- 25      絶縁層４０の一側部の近傍には、巻線の端子が配置される端子領域４０ｂが設けられている。絶縁層４０のうちの端子領域４０ｂを除いた部分の中心部分には円形の孔４０ａが形成されている。孔４０ａにはコアを挿入できるようになっている。

第２１図に示したように、第１の導体層４１は、箔状を含む平板状の導体が渦巻き状に配置されて形成された第１のパターン化導体４１ａを有している。導体

としては例えば銅が用いられる。同様に、第23図に示したように、第2の導体層42は、箔状を含む平板状の導体が渦巻き状に配置されて形成された第2のパターン化導体42aを有している。第1のパターン化導体41aと第2のパターン化導体42aは、孔40aの外周部と絶縁層40の外周部との間の領域に配置されている。

本実施の形態に係る平面コイルは、例えば、絶縁基板の両面に導体層が形成された両面プリント基板における各導体層をエッチングすることによって製造してもよいし、導体板を打ち抜いて製造してもよい。また、スパッタ法等の薄膜形成技術によって製造してもよい。

第1のパターン化導体41aと第2のパターン化導体42aは、それぞれ $N$  ( $N$ は1以上の整数) + 1ターンの巻線部分を含んでいる。本実施の形態では、特に、 $N=1$ としている。すなわち、第1のパターン化導体41aと第2のパターン化導体42aは、それぞれ2ターンの巻線部分を含んでいる。

第1のパターン化導体41aと第2のパターン化導体42aとでは導体の巻き方向が逆になっている。すなわち、第21図に示したように、第1のパターン化導体41aでは、導体は内側から外側にかけて時計回り方向に巻回され、第23図に示したように、第2のパターン化導体42aでは、導体は内側から外側にかけて反時計回り方向に巻回されている。

第21図に示したように、第1のパターン化導体41aの外側の端部は、絶縁層40の端子領域40bにおいて右側の位置に配置されている。絶縁層40の一方の面(上面)には、端子領域40bにおける左側の位置に、端子として用いられる端子層43が設けられている。

第23図に示したように、第2のパターン化導体42aの外側の端部は、絶縁層40の端子領域40bにおいて左側の位置に配置されている。絶縁層40の他方の面(下面)には、端子領域40bにおける右側の位置に、端子として用いられる端子層44が設けられている。

端子領域40bにおける左側の位置には、端子層43、絶縁層40、および第2のパターン化導体42aの外側の端部を貫通するスルーホール45が形成されている。このスルーホール45を介して、端子層43と第2のパターン化導体4

2 a の外側の端部とが電氣的に接続されている。

端子領域 4 0 b における右側の位置には、第 1 のパターン化導体 4 1 a の外側の端部、絶縁層 4 0 および端子層 4 4 を貫通するスルーホール 4 6 が形成されている。このスルーホール 4 6 を介して、第 1 のパターン化導体 4 1 a の外側の端部と端子層 4 4 とが電氣的に接続されている。

第 2 1 図および第 2 3 図に示したように、第 1 のパターン化導体 4 1 a および第 2 のパターン化導体 4 2 a の最も内側の巻線部分同士は、パターン化導体 4 1 a, 4 2 a および絶縁層 4 0 を貫通するスルーホール 4 7, 4 8 によって並列に接続されている。これらによって巻線における 1 ターン分の導電路が構成される。

10 なお、スルーホール 4 7, 4 8 は、各パターン化導体 4 1 a, 4 2 a の最も内側の巻線部分における両端部の位置に設けられている。また、第 1 のパターン化導体 4 1 a および第 2 のパターン化導体 4 2 a における他の巻線部分によって  $2N = 2$  ターン分の導電路が構成される。このようにして、第 1 のパターン化導体 4 1 a および第 2 のパターン化導体 4 2 a によって  $2N + 1 = 3$  ターンの巻線が構成されている。

本実施の形態では、第 2 1 図および第 2 3 図に示したように、第 1 のパターン化導体 4 1 a と第 2 のパターン化導体 4 2 a とを、それらの幅に関して同様のパターンにすることが可能である。従って、本実施の形態によれば、最も内側の巻線部分と他の巻線部分との間の関係を除いて、パターン化導体の幅が大きく異なる所が生じることを防止することができる。本実施の形態では、第 1 のパターン化導体 4 1 a および第 2 のパターン化導体 4 2 a の最も内側の巻線部分によって構成される 1 ターン分の導電路の厚さは他の導電路の厚さの 2 倍となるが、その幅を調整することで、巻線全体の抵抗値を小さくして、巻線全体における損失を小さくすることが可能である。

25 本実施の形態では、特に、第 2 1 図および第 2 3 図に示したように、第 1 のパターン化導体 4 1 a および第 2 のパターン化導体 4 2 a において、最も内側の巻線部分の幅は実質的に他の巻線部分の幅の半分になっている。なお、他の巻線部分の幅は一定になっている。第 1 のパターン化導体 4 1 a および第 2 のパターン化導体 4 2 a の最も内側の巻線部分によって構成される 1 ターン分の導電路の厚

さは他の導電路の厚さの2倍となるが、その幅は実質的に他の導電路の幅の半分となるので、その断面積は実質的に他の導電路の断面積と等しくなる。従って、本実施の形態に係る平面コイルによれば、3ターンの巻線の各部における電流密度は均一化され、巻線における損失が低減される。

- 5      また、本実施の形態によれば、2層の導体層41, 42によって3ターンの巻線を構成できる。また、本実施の形態によれば、巻線の2つの端子を2つのパターン化導体41a, 42aの外側の端部より導出することができる。従って、巻線の両端子を、幅広なコアの外側に配置することができるため、中足と外足との接続部分の幅の広い、薄型のコアを使用することができる。これらのことから、
- 10    本実施の形態によれば、平面コイルの薄型化が可能になる。

また、本実施の形態によれば、導体層41, 42の層数の設計を2層単位で行うことができ、導体層41, 42の層数の設計の自由度が大きくなる。

#### [第5の実施の形態]

- 次に、第25図および第26図を参照して、本発明の第5の実施の形態に係る
- 15    平面コイルの構成について説明する。第25図は本実施の形態に係る平面コイルにおける第1の導体層とその下の絶縁層とを示す平面図、第26図は本実施の形態に係る平面コイルにおける第2の導体層を示す平面図である。

本実施の形態に係る平面コイルの構成は、パターン化導体41a, 42aの形状が異なることを除いて、第4の実施の形態に係る平面コイルと同様である。

- 20    本実施の形態に係る平面コイルでは、第1のパターン化導体41aおよび第2のパターン化導体42aにおいて、内側からnターン（nは1以上、N+1以下の整数）目の巻線部分の内周部の半径を $r_i(n)$ 、外周部の半径を $r_o(n)$ とし、最も内側の巻線部分の内周部の半径 $r_{i,1}$ 、最も外側の巻線部分の外周部の半径と最も内側の巻線部分の内周部の半径との差 $W_{i,o,1}$ 、および隣接するターン間における巻線部分間の距離Dが与えられたときに、以下の式（5）で表されるAの
- 25    値が最小となるように $r_i(n)$ および $r_o(n)$ が定められている。ただし、 $K(1)=0$ 、 $5$ 、 $n \geq 2$ のとき $K(n)=2$ 、 $r_i(1)=r_{i,1}$ 、 $r_i(n+1)-r_o(n)=D$ 、 $r_o(N+1)-r_i(1)=W_{i,o,1}$ である。また、 $\log x$ はxの自然対数である。

$$A = \sum_{n=1}^{N+1} K(n) \left( \log \frac{r_o(n)}{r_i(n)} \right)^{-1} \dots (5)$$

本実施の形態では、式（５）で表されるＡの値が最小となるように $r_i(n)$ および $r_o(n)$ を設定することにより、 $2N+1$ ターンの巻線全体の抵抗値が最小になり、その結果、巻線全体における損失が最小になる。以下、このことを詳しく説明する。

5     まず、厚さ $t$ 、内半径 $r$ 、外半径 $r+dr$ のリング状のパターン化導体を考える。このパターン化導体の抵抗値は、幅 $dr$ が充分微小であるならば、 $(2\pi r \times \rho) / (t \times dr)$ で表してよい。ここで、 $\rho$ は導体の体積抵抗率である。従って、パターン化導体のコンダクタンス、つまり抵抗値の逆数は、 $(t \times dr) / (2\pi r \times \rho)$ となる。

10    内半径 $r_i$ 、外半径 $r_o$ のリング状のパターン化導体は、上述のような微小な幅 $dr$ を持つリング状のパターン化導体が並列に接続しているものと等価であると考えられる。従って、厚さ $t$ 、内半径 $r_i$ 、外半径 $r_o$ のリング状のパターン化導体のコンダクタンスは、以下の式（６）のように、 $(t \times dr) / (2\pi r \times \rho)$ を $r_i \sim r_o$ の範囲で積分することによって求めることができる。

$$\int_{r_i}^{r_o} \frac{t}{2\pi r \rho} dr = \frac{t}{2\pi \rho} \int_{r_i}^{r_o} \frac{1}{r} dr = \frac{t}{2\pi \rho} [\log r]_{r_i}^{r_o} = \frac{t}{2\pi \rho} (\log r_o - \log r_i) = \frac{t}{2\pi \rho} \log \left( \frac{r_o}{r_i} \right) \dots (6)$$

15    厚さ $t$ 、内半径 $r_i$ 、外半径 $r_o$ のリング状のパターン化導体の抵抗値 $R$ は、このパターン化導体のコンダクタンスの逆数であるから、以下の式（７）で表される。

$$R = \frac{2\pi \rho}{t \cdot \log \frac{r_o}{r_i}} \dots (7)$$

ここで、 $2\pi \rho / t = B$ とする。第１のパターン化導体４１ａおよび第２のパターン化導体４２ａの最も内側の巻線部分によって構成される１ターン分の導電

20    路の抵抗値 $R$ は、以下の式（８）で表される。

$$R = \frac{1}{2} \cdot \frac{B}{\log \frac{r_o(1)}{r_i(1)}} \dots (8)$$

一方、第1のパターン化導体41aの他の巻線部分の1ターン当たりの抵抗値と第2のパターン化導体42aの他の巻線部分の1ターン当たりの抵抗値との和Rは、以下の式(9)で表される。

$$R = 2 \cdot \frac{B}{\log \frac{r_o(n)}{r_i(n)}} \dots (9)$$

従って、2N+1ターンの巻線全体の抵抗値 $R_{total}$ は、以下の式(10)で表される。

$$R_{total} = \frac{1}{2} \cdot \frac{B}{\log \frac{r_o(1)}{r_i(1)}} + \sum_{n=2}^{N+1} 2 \cdot \frac{B}{\log \frac{r_o(n)}{r_i(n)}} \dots (10)$$

従って、第1のパターン化導体41aおよび第2のパターン化導体42aにおいて、最も内側の巻線部分の内半径 $r_{in}$ 、最も外側の巻線部分の外半径と最も内側の巻線部分の内半径との差 $W_{total}$ 、および隣接するターン間における巻線部分間の距離Dが与えられたときに、2N+1ターンの巻線全体の抵抗値を最小にするには、前記の式(5)で表されるAの値が最小となるように $r_i(n)$ および $r_o(n)$ を設定すればよい。

Aの値が最小となる $r_i(n)$ および $r_o(n)$ の値は、解析的に求めるのは難しいが、コンピュータを利用した数値計算によって求めることができる。

本実施の形態では、特に、N=1とし、第1のパターン化導体41aと第2のパターン化導体42aとで3ターンの巻線を構成している。

本実施の形態に係る平面コイルによれば、式(5)で表されるAの値が最小となるように $r_i(n)$ および $r_o(n)$ を設定したので、巻線全体の抵抗値を最小にすることができる。従って、本実施の形態によれば、限られた空間の中で損失が最小になるように巻線を配置することができ、その結果、導体の抵抗による損失を低減することができる。

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第4の実施の形態と同様である。

次に、第4の実施の形態に係る平面コイルの実施例（以下、第3の実施例と言う。）と第5の実施の形態に係る平面コイルの実施例（以下、第4の実施例と言う。）

5    について説明すると共に、各実施例の平面コイルと2つの比較例の平面コイルとで、計算で求めた抵抗値を比較した結果について説明する。

第27図は第3の比較例の平面コイルにおける第1の導体層とその下の絶縁層とを示す平面図、第28図は第3の比較例の平面コイルにおける第2の導体層を示す平面図である。第5の比較例の平面コイルは、絶縁層140と、この絶縁層  
10    140の各面に形成された第1の導体層141および第2の導体層142を備えている。第1の導体層141は第1のパターン化導体141aを有し、第2の導体層142は第2のパターン化導体142aを有している。第1のパターン化導体141aは2ターンの巻線部分を有し、第2のパターン化導体142aは1ターンの巻線部分を有している。第1のパターン化導体141aと第2のパターン  
15    化導体142aとでは導体の巻き方向が逆になっている。パターン化導体141a、142aの内側の端部同士は、スルーホール147を介して電氣的に接続されている。このようにして、パターン化導体141a、142aによって3ターンの巻線が構成されている。

第29図は第6の比較例の平面コイルにおける第1の導体層とその下の絶縁層  
20    とを示す平面図、第30図は第6の比較例の平面コイルにおける第2の導体層を示す平面図である。第6の比較例の平面コイルは、絶縁層150と、この絶縁層150の各面に形成された第1の導体層151および第2の導体層152を備えている。第1の導体層151は第1のパターン化導体151aを有し、第2の導体層152は第2のパターン化導体152aを有している。第1のパターン化導体151aは1.5ターンの巻線部分を有し、第2のパターン化導体152aも  
25    1.5ターンの巻線部分を有している。第1のパターン化導体151aと第2のパターン化導体152aとでは導体の巻き方向が逆になっている。パターン化導体151a、152aの内側の端部同士は、スルーホール157を介して電氣的に接続されている。このようにして、パターン化導体151a、152aによっ

て3ターンの巻線が構成されている。

第3の実施例、第4の実施例、第5の比較例および第6の比較例のそれぞれの平面コイルでは、巻線を構成する導体として銅を用い、導体の厚さ $t$ を0.06 mm、最も内側の巻線部分の内半径 $r_{i,1}$ を6.4 mm、最も外側の巻線部分の外半径と最も内側の巻線部分の内半径との差 $W_{i,1}$ を5.1 mm、隣接するターン間における巻線部分間の距離 $D$ を0.2 mmとした。この条件の下で、各平面コイルについて、各ターン毎の巻線部分の内半径 $r_i(n)$ および外半径 $r_o(n)$ を求めると共に、巻線全体の抵抗値 $R_{i,1}$ を求めた。なお、銅の体積抵抗率は $1.72 \times 10^{-8}$  ( $\Omega m$ )とした。また、以下、各ターン毎の巻線部分の幅 $r_o(n) - r_i(n)$ を $W(n)$ で表す。

第3の実施例、第4の実施例および第5の比較例のそれぞれの平面コイルにおける各ターン毎の巻線部分の幅 $W(n)$ と巻線全体の抵抗値 $R_{i,1}$ は、下記の表に示したようになる。なお、表では、第1の導体層をA層と記し、第2の導体層をB層と記す。第6の比較例の平面コイルでは、 $W_{i,1}$ の中で、2ターン分の導電路を構成している部分の幅と1ターン分の導電路を構成している部分の幅の比が、第5の比較例と同じであるため、抵抗値は原理的に第5の比較例と同等である。

	第3の実施例	第4の実施例	第5の比較例
$R_{i,1} (m\Omega)$	14.74	14.46	16.15
A層 $W(1)(mm)$	1.63	1.33	2.45
A層 $W(2)(mm)$	3.27	3.57	2.45
B層 $W(1)(mm)$	1.63	1.33	5.10
B層 $W(2)(mm)$	3.27	3.57	-----

上記の表から分かるように、第3の実施例の平面コイルでは、巻線全体の抵抗値 $R_{i,1}$ を、第5の比較例の平面コイルに比べて8.71%低減できる。また、第4の実施例の平面コイルでは、巻線全体の抵抗値 $R_{i,1}$ を、第5の比較例の平面コイルに比べて10.45%低減できる。

ところで、第3の実施例では、内側の巻線部分の幅 $W(1)$ は、外側の巻線部分の



幅  $W(2)$  の 0.5 倍になっている。また、第 4 の実施例では、各ターン毎の巻線部分の幅  $W(n)$  は、式 (5) で表される  $A$  の値が最小となるように決められるが、上記の例では、内側の巻線部分の幅  $W(1)$  は、外側の巻線部分の幅  $W(2)$  の 0.37 倍になっている。しかし、外側の巻線部分の幅  $W(2)$  に対する内側の巻線部分の幅  $W(1)$  の比、 $W(1)/W(2)$  が 0.5 や 0.37 ではなくとも、巻線全体の抵抗値  $R_{total}$  を第 5 の比較例の平面コイルに比べて低減することが可能である。このことを、第 31 図および第 32 図を参照して説明する。

第 31 図は、各ターン毎の巻線部分の幅  $W(1)$ 、 $W(2)$  以外の条件を第 3 の実施例、第 4 の実施例および第 5 の比較例と同様とし、 $W(1)/W(2)$  を変化させたときの巻線全体の抵抗値  $R_{total}$  の、第 5 の比較例における巻線全体の抵抗値  $R_{total}$  に対する比をグラフにして表したものである。第 31 図から、上記の条件の下では、 $W(1)/W(2)$  が 0.18 から 0.75 という広い範囲で、上記抵抗値の比が 1 以下となることが分かる。従って、この場合には、 $W(1)/W(2)$  が 0.18 より大きく、0.75 より小さい範囲で、第 5 の比較例よりも巻線全体の抵抗値  $R_{total}$  を低減することができる。

上記抵抗値の比が 1 以下となる  $W(1)/W(2)$  の範囲は、 $r_{min}$ 、 $W_{total}$  および  $D$  の値によって変化する。例えば、 $r_{min}$  を 3 mm とし、その他の条件は第 31 図のグラフを求めたときと同様とした場合を考える。また、この場合における比較例として、 $r_{min}$  を 3 mm とする他は第 5 の比較例と同様のものを考える。この場合、 $W(1)/W(2)$  を変化させたときの巻線全体の抵抗値  $R_{total}$  の、比較例における巻線全体の抵抗値  $R_{total}$  に対する比をグラフにして表すと、第 32 図に示したようになる。この場合には、第 32 図から、 $W(1)/W(2)$  が 0.13 から 0.68 という広い範囲で、上記抵抗値の比が 1 以下となることが分かる。従って、この場合には、 $W(1)/W(2)$  が 0.13 より大きく、0.68 より小さい範囲で、比較例よりも巻線全体の抵抗値  $R_{total}$  を低減することができる。

このように、本発明では、第 1 のパターン化導体および第 2 のパターン化導体の幅に関して、最も内側の巻線部分の幅が実質的に他の巻線部分の幅の半分になっている場合や、式 (5) で表される  $A$  の値が最小となるように  $r_i(n)$  および  $r_o(n)$  が定められている場合に限らず、例えば第 31 図および第 32 図に示したよ

うな広い範囲で、巻線全体の抵抗値  $R_{total}$  を低減することができる。

#### [第6の実施の形態]

次に、第33図ないし第36図を参照して、本発明の第6の実施の形態に係る平面コイルの構成について説明する。第33図は本実施の形態に係る平面コイル  
5 における第1の導体層とその下の絶縁層とを示す平面図、第34図は本実施の形態に係る平面コイルにおける絶縁層を示す平面図、第35図は本実施の形態に係る平面コイルにおける第2の導体層を示す平面図、第36図は第33図における36-36線  
36-36線で示す断面を拡大して表した断面図である。

本実施の形態に係る平面コイルでは、 $N=2$ としている。すなわち、第1のパ  
10 ターン化導体41aと第2のパターン化導体42aは、それぞれ3ターンの巻線部分を含んでいる。そして、第1のパターン化導体41aおよび第2のパターン化導体42aによって $2N+1=5$ ターンの巻線が構成されている。第1のパターン化導体41a  
15 および第2のパターン化導体42aにおいて、最も内側の巻線部分の幅は実質的に他の巻線部分の幅の半分になっている。なお、他の巻線部分の幅は一定になっている。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第4の実施の形態と同様である。

#### [第7の実施の形態]

次に、第37図および第38図を参照して、本発明の第7の実施の形態に係る平面コイルの構成について説明する。第37図は本実施の形態に係る平面コイル  
20 における第1の導体層とその下の絶縁層とを示す平面図、第38図は本実施の形態に係る平面コイルにおける第2の導体層を示す平面図である。

本実施の形態に係る平面コイルの構成は、パターン化導体41a、42aの形状が異なることを除いて、第6の実施の形態に係る平面コイルと同様である。

本実施の形態に係る平面コイルでは、第5の実施の形態と同様に、第1のパ  
25 ターン化導体41aおよび第2のパターン化導体42aにおいて、内側からnターン（nは1以上、 $N+1$ 以下の整数）目の巻線部分の内周部の半径を  $r_i(n)$ 、外周部の半径を  $r_o(n)$  とし、最も内側の巻線部分の内周部の半径  $r_{o,1}$ 、最も外側の巻線部分の外周部の半径と最も内側の巻線部分の内周部の半径との差  $W_{total}$ 、および隣接するターン間における巻線部分間の距離Dが与えられたときに、式

(5) で表される  $A$  の値が最小となるように  $r_i(n)$  および  $r_o(n)$  が定められている。

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第5または第6の実施の形態と同様である。

5 次に、第6の実施の形態に係る平面コイルの実施例（以下、第5の実施例と言う。）と第7の実施の形態に係る平面コイルの実施例（以下、第6の実施例と言う。）について説明すると共に、各実施例の平面コイルと第7の比較例の平面コイルとで、計算で求めた抵抗値を比較した結果について説明する。

第39図は第7の比較例の平面コイルにおける第1の導体層とその下の絶縁層  
10 とを示す平面図、第40図は第7の比較例の平面コイルにおける第2の導体層を示す平面図である。第7の比較例の平面コイルは、絶縁層140と、この絶縁層140の各面に形成された第1の導体層141および第2の導体層142を備えている。第1の導体層141は第1のパターン化導体141aを有し、第2の導体層142は第2のパターン化導体142aを有している。第1のパターン化導体141aは3ターンの巻線部分を有し、第2のパターン化導体142aは2ターンの巻線部分を有している。第1のパターン化導体141aと第2のパターン化導体142aとでは導体の巻き方向が逆になっている。パターン化導体141a、142aの内側の端部同士は、スルーホール147を介して電氣的に接続されている。このようにして、パターン化導体141a、142aによって5ターンの巻線が構成されている。  
20

第5の実施例、第6の実施例および第7の比較例のそれぞれの平面コイルでは、巻線を構成する導体として銅を用い、導体の厚さ  $t$  を  $0.06\text{ mm}$ 、最も内側の巻線部分の内半径  $r_{i1}$  を  $6.4\text{ mm}$ 、最も外側の巻線部分の外半径と最も内側の巻線部分の内半径との差  $W_{1,1}$  を  $5.1\text{ mm}$ 、隣接するターン間における巻線部分間の距離  $D$  を  $0.2\text{ mm}$  とした。この条件の下で、各平面コイルについて、  
25 各ターン毎の巻線部分の内半径  $r_i(n)$  および外半径  $r_o(n)$  を求めると共に、巻線全体の抵抗値  $R_{1,1}$  を求めた。なお、銅の体積抵抗率は  $1.72 \times 10^{-8} (\Omega\text{ m})$  とした。また、以下、各ターン毎の巻線部分の幅  $r_o(n) - r_i(n)$  を  $W(n)$  で表す。

第5の実施例、第6の実施例および第7の比較例のそれぞれの平面コイルにおける各ターン毎の巻線部分の幅 $W(n)$ と巻線全体の抵抗値 $R_{10111}$ は、下記の表に示したようになる。なお、表では、第1の導体層をA層と記し、第2の導体層をB層と記す。

	第5の実施例	第6の実施例	第7の比較例
$R_{10111}(m\Omega)$	42.93	41.96	43.86
A層 $W(1)(mm)$	0.94	0.74	1.57
A層 $W(2)(mm)$	1.88	1.76	1.57
A層 $W(3)(mm)$	1.88	2.20	1.57
B層 $W(1)(mm)$	0.94	0.74	2.45
B層 $W(2)(mm)$	1.88	1.76	2.45
B層 $W(3)(mm)$	1.88	2.20	-----

- 5 上記の表から分かるように、第5の実施例の平面コイルでは、巻線全体の抵抗値 $R_{10111}$ を、第7の比較例の平面コイルに比べて2.12%低減できる。また、第6の実施例の平面コイルでは、巻線全体の抵抗値 $R_{10111}$ を、第7の比較例の平面コイルに比べて4.35%低減できる。なお、第1のパターン化導体と第2のパターン化導体がそれぞれ2.5ターンの巻線部分を有し、これらによって5
- 10 ターンの巻線を構成した平面コイルにおける巻線全体の抵抗値は第7の比較例と同等である。

#### [第8の実施の形態]

- 次に、第41図ないし第45図を参照して、本発明の第8の実施の形態に係る平面コイルの構成について説明する。第41図は本実施の形態に係る平面コイル
- 15 の平面図、第42図は第41図に示した平面コイルの右側面図、第43図は第41図における43-43線で示す断面を拡大して表した断面図である。また、第44図は本実施の形態に係る平面コイルにおけるコアを示す平面図、第45図はこのコアの側面図である。

- 本実施の形態に係る平面コイルでは、第4または第5の実施の形態における絶
- 20 縁層40、第1の導体層41および第2の導体層42を1組とし、これを厚さ方

向に3組積層し、各組毎の巻線を並列に接続している。本実施の形態に係る平面コイルは、積層された3組の絶縁層40、第1の導体層41および第2の導体層42よりなる積層体50と、この積層体50に装着されたE型のコア51A、51Bとを備えている。

- 5      第41図および第42図に示したように、端子領域40bはコア51A、51Bの外側に配置されている。積層体50中の各組毎の巻線は、スルーホール45、46を介して並列に接続されている。第42図に示したように、スルーホール45、46には、例えば、端子52が挿入されるようになっている。

また、第43図に示したように、E型のコア51A、51Bは、中央の凸部同士が絶縁層40の孔40aを通して突き合わされるように配置されている。

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第4または第5の実施の形態と同様である。

#### [第9の実施の形態]

次に、第46図を参照して、本発明の第9の実施の形態に係る平面コイルの構成について説明する。第46図は本実施の形態に係る平面コイルの断面図である。本実施の形態に係る平面コイルでは、第8の実施の形態における積層体50の代わりに、以下のような積層体50を設けている。すなわち、本実施の形態では、第6または第7の実施の形態における絶縁層40、第1の導体層41および第2の導体層42を1組とし、これを厚さ方向に3組積層し、各組毎の巻線を並列に接続して積層体50を構成している。

本実施の形態に係る平面コイルの実施例（以下、第7の実施例と言う。）として、第5の実施例の平面コイルを3組積層し、各組毎の巻線を並列に接続して積層体50を構成したものを試作した。この試作した第7の実施例の平面コイルにおける巻線全体の抵抗値を測定したところ、15.05mΩであった。

25      また、第7の実施例に対する比較例（以下、第8の比較例と言う。）として、第7の比較例の平面コイルを3組積層し、各組毎の巻線を並列に接続して積層体250を構成したものを試作した。第47図は、この第8の比較例の平面コイルの断面図である。第8の比較例の平面コイルにおいて、積層体250以外の構成は第7の実施例と同様である。第8の比較例の平面コイルにおける巻線全体の抵抗

値を測定したところ、 $15.38\text{ m}\Omega$ であった。

従って、第8の比較例の平面コイルに対する第7の実施例の平面コイルの抵抗値の低減率は $2.15\%$ であり、これは、第7の比較例の平面コイルに対する第5の実施例の平面コイルの抵抗値の低減率と同等である。

- 5      本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第6、第7または第8の実施の形態と同様である。

[第10の実施の形態]

- 次に、本発明の第10の実施の形態に係る平面トランスの構成について説明する。第48図は本実施の形態に係る平面トランスの平面図、第49図は第48図  
10      に示した平面トランスの右側面図、第50図は第48図における50-50線で示す断面を拡大して表した断面図である。本実施の形態に係る平面トランスは、それぞれ平面的に配置された導体によって形成された一次巻線と二次巻線とを有するものである。第48図ないし第50図に示したように、本実施の形態に係る平面トランスは、複数の導体層と複数の絶縁層が交互に積層されて構成された積  
15      層体60と、この積層体60に装着されたE型のコア51A、51Bとを備えている。

- 第48図および第49図に示したように、積層体60は端子領域61、62を有している。端子領域61、62は、互いに反対側の位置に配置され、且つコア51A、51Bの外側に配置されている。端子領域61にはスルーホール63、  
20      64が設けられ、端子領域62にはスルーホール65、66が設けられている。第49図に示したように、例えば、スルーホール63、64には端子67が挿入され、スルーホール65、66には端子68が挿入されるようになっている。

- また、第50図に示したように、E型のコア51A、51Bは、中央の凸部同士が後述する絶縁層70の孔70aを通して突き合わされるように配置されている。  
25      る。

積層体60は、PA層、PB層、SA層、SB層の4種類の導体層と、絶縁層70とを有している。4種類の導体層は、それぞれ箔状を含む平板状の導体が渦巻き状に配置されて形成されたパターン化導体を有している。PA層とPB層は5ターンの一次巻線を構成し、SA層とSB層は2ターンの二次巻線を構成する。

従って、本実施の形態に係る平面トランスの巻線比は5：2となる。

第51図はPA層とその下の絶縁層70とを示す平面図、第52図はPB層とその下の絶縁層70とを示す平面図、第53図はSA層とその下の絶縁層70とを示す平面図、第54図はSB層とその下の絶縁層70とを示す平面図、第55図は絶縁層70の平面図である。

第51図に示したように、PA層は、第6または第7の実施の形態と同様の第1のパターン化導体41aを有している。第52図に示したように、PB層は、第6または第7の実施の形態と同様の第2のパターン化導体42aを有している。すなわち、第1のパターン化導体41aと第2のパターン化導体42aは、それぞれ3ターンの巻線部分を含んでいる。第1のパターン化導体41aと第2のパターン化導体42aとは導体の巻き方向が逆になっている。また、第1のパターン化導体41aおよび第2のパターン化導体42aの最も内側の巻線部分同士は、パターン化導体41a、42aおよび絶縁層70を貫通するスルーホール47、48によって並列に接続される。従って、第1のパターン化導体41aおよび第2のパターン化導体42aによって5ターンの一次巻線が構成される。

第51図に示したように、第1のパターン化導体41aの外側の端部はスルーホール64に接続されている。第1のパターン化導体41aが設けられた絶縁層70の面上には、それぞれスルーホール63、65、66に接続された端子層43、75、76が設けられている。

第52図に示したように、第2のパターン化導体42aの外側の端部はスルーホール63に接続されている。第2のパターン化導体42aが設けられた絶縁層70の面上には、それぞれスルーホール64、65、66に接続された端子層44、75、76が設けられている。

第63図、第64図に示したように、SA層、SB層は、それぞれパターン化導体81a、82aを有している。パターン化導体81a、82aは、それぞれ1ターンの巻線部分を有している。パターン化導体81a、82aでは導体の巻き方向が逆になっている。パターン化導体81aの一方の端部はスルーホール65に接続されている。パターン化導体81aが設けられた絶縁層70の面上には、それぞれスルーホール63、64、66に接続された端子層43、44、76が

設けられている。パターン化導体 5 2 a の一方の端部はスルーホール 6 6 に接続されている。パターン化導体 8 2 a が設けられた絶縁層 7 0 の面上には、それぞれスルーホール 6 3, 6 4, 6 5 に接続された端子層 4 3, 4 4, 7 5 が設けられている。パターン化導体 8 1 a, 8 2 a の他方の端部同士は、パターン化導体 5 8 1 a, 8 2 a および絶縁層 7 0 を貫通するスルーホール 8 3 を介して電氣的に接続されている。このようにして、パターン化導体 8 1 a, 8 2 a によって 2 ターンの二次巻線が構成されている。

第 5 5 図に示したように、絶縁層 7 0 の中心部分には円形の孔 7 0 a が形成されている。各パターン化導体は、孔 7 0 a の外周部と絶縁層 7 0 の外周部との間の領域に配置されている。また、絶縁層 7 0 には、前述のスルーホール 7 7, 7 8, 6 3 ~ 6 6, 8 3 が形成されている。

PA 層、PB 層、SA 層および SB 層の積層の順番は、下から SA 層 - PA 層 - SB 層 - PB 層 - SA 層 - PA 層 - SB 層 - SA 層 - PB 層 - SB 層 - PA 層 - SA 層 - PB 層 - SB 層の順番となっている。

15 本実施の形態に係る平面トランスの実施例（以下、第 8 の実施例と言う。）として、PA 層、PB 層に、それぞれ、第 5 の実施例における第 1 のパターン化導体 4 1 a、第 2 のパターン化導体 4 2 a を有するものを用い、絶縁層 7 0 の厚さを 0.1 mm とし、フェライト製のコア 5 1 A, 5 1 B を用いたものを試作した。この試作した第 8 の実施例の平面トランスについて、200 kHz における一次側から見た巻線抵抗を測定したところ、36.82 mΩ であった。

また、第 8 の実施例に対する比較例（以下、第 9 の比較例と言う。）として、PA 層、PB 層に、それぞれ、第 7 の比較例における第 1 のパターン化導体 1 4 1 a、第 2 のパターン化導体 1 4 2 a を有するものを用い、絶縁層 7 0 の厚さを 0.1 mm として積層体 2 6 0 を構成すると共に、フェライト製のコア 5 1 A, 5 1 B を用いたものを試作した。第 5 6 図は、この第 9 の比較例の平面トランスの断面図である。この試作した第 9 の比較例の平面トランスについて、200 kHz における一次側から見た巻線抵抗を測定したところ、37.81 mΩ であった。

従って、第 8 の実施例の平面トランスでは、第 9 の比較例の平面トランスに対して、200 kHz における高周波抵抗を 2.6 % 削減できた。



なお、本実施の形態では、一次巻線を奇数ターン（５ターン）とし、二次巻線を偶数ターン（２ターン）としたが、逆に、一次巻線を偶数ターンとし、二次巻線を奇数ターンとしてもよい。あるいは、一次巻線と二次巻線の双方を奇数ターンとしてもよい。

- 5      本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第６または第７の実施の形態と同様である。

なお、第４ないし第１０の実施の形態において、巻線やパターン化導体のターン数や、導体層の数は、任意に設定可能である。

- 10      また、第４ないし第１０の実施の形態において、巻線は、平板状以外の導体、例えば丸線の導体によって構成されていてもよい。

- 15      以上説明したように、第４ないし第１０の実施の形態では、それぞれ $N+1$ ターンの巻線部分を含む第１のパターン化導体および第２のパターン化導体において、第１のパターン化導体および第２のパターン化導体の最も内側の巻線部分同士を並列に接続することにより $2N+1$ ターンの巻線を構成している。従って、  
20      第４ないし第１０の実施の形態では、第１のパターン化導体と第２のパターン化導体とを、それらの幅に関して同様のパターンにすることが可能である。また、第４ないし第１０の実施の形態では、第１のパターン化導体および第２のパターン化導体の最も内側の巻線部分によって構成される１ターン分の導回路の厚さは他の導回路の厚さの２倍となるが、その幅を調整することで、 $2N+1$ ターンの  
25      巻線全体の抵抗値を小さくして、巻線全体における損失を小さくすることが可能である。以上のことから、第４ないし第１０の実施の形態によれば、平面コイルまたは平面トランスの薄型化が可能で、導体層の層数の設計の自由度を大きくすることができ、更に、損失を低減することができる。

- 25      また、第４ないし第１０の実施の形態において、第１のパターン化導体および第２のパターン化導体は、最も内側の巻線部分の幅を実質的に他の巻線部分の幅の半分としてもよい。この場合には、 $2N+1$ ターンの巻線の各部における電流密度を均一化でき、その結果、巻線における損失をより低減することができる。

また、第４ないし第１０の実施の形態において、第１のパターン化導体および第２のパターン化導体は、式（５）で表される $A$ の値が最小となるように $r_i(n)$

および  $r_0(n)$  を設定してもよい。この場合には、 $2N+1$  ターンの巻線全体の抵抗値を最小にすることができ、その結果、巻線全体における損失が最小にすることができる。

- 5 以上の説明に基づき、本発明の種々の態様や変形例を実施可能であることは明らかである。従って、以下の請求の範囲の均等の範囲において、上記の最良の形態以外の形態でも本発明を実施することが可能である。

## 請求の範囲

1. 導体が渦巻き状に配置されて形成された巻線を備えた平面コイルであって、前記巻線はNターン（Nは2以上の整数）の巻線部分を含み、内側からnターン（nは1以上、N以下の整数）目の巻線部分の内周部の半径を $r_i(n)$ 、外周部の半径を $r_o(n)$ とし、最も内側の巻線部分の内周部の半径 $r_{i,1}$ 、最も外側の巻線部分の外周部の半径と最も内側の巻線部分の内周部の半径との差 $W_{i,o,1}$ 、および隣接するターン間における巻線部分間の距離Dが与えられたときに、式（1）で表されるAの値が最小となるように $r_i(n)$ および $r_o(n)$ が定められていることを特徴とする平面コイル。

$$A = \sum_{n=1}^N \left( \log \frac{r_o(n)}{r_i(n)} \right)^{-1} \cdots (1)$$

（ただし、 $r_i(1) = r_{i,1}$ 、 $r_i(n+1) - r_o(n) = D$ 、 $r_o(N) - r_i(1) = W_{i,o,1}$ ）

2. 前記巻線は複数設けられ、この複数の巻線は、絶縁層を介して厚さ方向に積層され、且つ並列または直列に接続されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の平面コイル。

3. 平面的に形成され、厚さ方向に積層された複数の巻線と、各巻線間に配置された絶縁層とを備え、複数の巻線のうちの一部の巻線が一次巻線となり、複数の巻線のうちの他の一部の巻線が二次巻線となっている平面トランスであって、

複数の巻線のうちの少なくとも1つは、導体が渦巻き状に配置されて形成されたNターン（Nは2以上の整数）の巻線部分を含み、内側からnターン（nは1以上、N以下の整数）目の巻線部分の内周部の半径を $r_i(n)$ 、外周部の半径を $r_o(n)$ とし、最も内側の巻線部分の内周部の半径 $r_{i,1}$ 、最も外側の巻線部分の外周部の半径と最も内側の巻線部分の内周部の半径との差 $W_{i,o,1}$ 、および隣接するターン間における巻線部分間の距離Dが与えられたときに、式（1）で表されるAの値が最小となるように $r_i(n)$ および $r_o(n)$ が定められていることを特徴とする平面トランス。

$$A = \sum_{n=1}^N \left( \log \frac{r_o(n)}{r_i(n)} \right)^{-1} \dots (1)$$

(ただし、 $r_i(1) = r_{min}$ 、 $r_i(n+1) - r_o(n) = D$ 、 $r_o(N) - r_i(1) = W_{total}$ )

4. 導体によって形成された奇数ターンの巻線を有する平面コイルであって、絶縁層と、導体が渦巻き状に配置されて形成された第1のパターン化導体を有する第1の導体層と、導体が渦巻き状に配置されて形成された第2のパターン化導体を有し、前記絶縁層を介して前記第1の導体層に重ね合わされた第2の導体層とを備え、

前記第1のパターン化導体と第2のパターン化導体は、それぞれN (Nは1以上の整数) + 1ターンの巻線部分を含み、

- 10 前記第1のパターン化導体および第2のパターン化導体の最も内側の巻線部分同士が並列に接続されることにより、前記第1のパターン化導体および第2のパターン化導体によって2N+1ターンの巻線が構成されていることを特徴とする平面コイル。

5. 前記第1のパターン化導体および第2のパターン化導体において、最も内側の巻線部分の幅は実質的に他の巻線部分の幅の半分であることを特徴とする請求の範囲第4項記載の平面コイル。

6. 前記第1のパターン化導体および第2のパターン化導体において、内側からnターン (nは1以上、N+1以下の整数) 目の巻線部分の内周部の半径を $r_i(n)$ 、外周部の半径を $r_o(n)$ とし、最も内側の巻線部分の内周部の半径 $r_{min}$ 、最も外側の巻線部分の外周部の半径と最も内側の巻線部分の内周部の半径との差 $W_{total}$ 、および隣接するターン間における巻線部分間の距離Dが与えられたときに、式(5)で表されるAの値が最小となるように $r_i(n)$ および $r_o(n)$ が定められていることを特徴とする請求の範囲第4項記載の平面コイル。

$$A = \sum_{n=1}^{N+1} K(n) \left( \log \frac{r_o(n)}{r_i(n)} \right)^{-1} \dots (5)$$

(ただし、 $K(1) = 0.5$ 、 $n \geq 2$ のとき $K(n) = 2$ 、 $r_i(1) = r_{min}$ 、 $r_i(n+1) - r_o(n) = D$ 、 $r_o(N+1) - r_i(1) = W_{total}$ )

- 25 7. 複数組の絶縁層、第1の導体層および第2の導体層が厚さ方向に積層され、

各組毎の巻線が並列に接続されていることを特徴とする請求の範囲第4項記載の平面コイル。

8. それぞれ平面的に配置された導体によって形成された一次巻線と二次巻線とを有する平面トランスであって、

- 5 前記一次巻線と二次巻線の少なくとも一方は、導体が渦巻き状に配置されて形成された第1のパターン化導体を有する第1の導体層と、導体が渦巻き状に配置されて形成された第2のパターン化導体を有し、絶縁層を介して前記第1の導体層に重ね合わされた第2の導体層とを備え、

- 10 前記第1のパターン化導体と第2のパターン化導体は、それぞれN（Nは1以上の整数）+1ターンの巻線部分を含み、

前記第1のパターン化導体および第2のパターン化導体の最も内側の巻線部分同士が並列に接続されることにより、前記第1のパターン化導体および第2のパターン化導体によって2N+1ターンの巻線が構成されていることを特徴とする平面トランス。

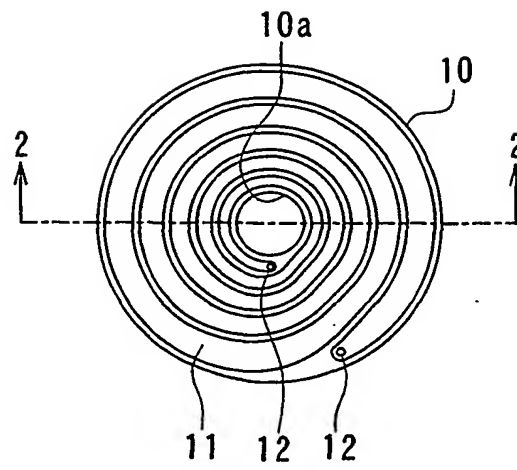
- 15 9. 前記第1のパターン化導体および第2のパターン化導体において、最も内側の巻線部分の幅は実質的に他の巻線部分の幅の半分であることを特徴とする請求の範囲第8項記載の平面トランス。

10. 前記第1のパターン化導体および第2のパターン化導体において、内側からnターン（nは1以上、N+1以下の整数）目の巻線部分の内周部の半径を $r_i(n)$ 、外周部の半径を $r_o(n)$ とし、最も内側の巻線部分の内周部の半径 $r_{min}$ 、最も外側の巻線部分の外周部の半径と最も内側の巻線部分の内周部の半径との差 $W_{total}$ 、および隣接するターン間における巻線部分間の距離Dが与えられたときに、式（5）で表されるAの値が最小となるように $r_i(n)$ および $r_o(n)$ が定められていることを特徴とする請求の範囲第8項記載の平面トランス。

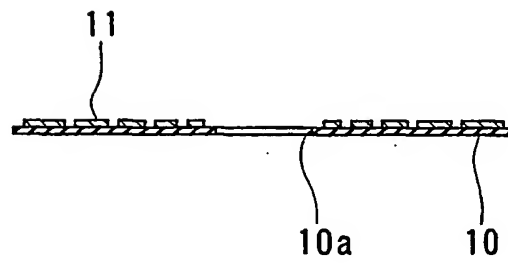
$$A = \sum_{n=1}^{N+1} K(n) \left( \log \frac{r_o(n)}{r_i(n)} \right)^{-1} \dots (5)$$

- 25 （ただし、 $K(1) = 0.5$ 、 $n \geq 2$  のとき  $K(n) = 2$ 、 $r_i(1) = r_{min}$ 、 $r_i(n+1) - r_o(n) = D$ 、 $r_o(N+1) - r_i(1) = W_{total}$ ）

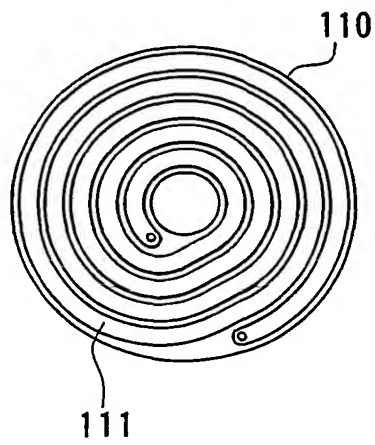
1/25



第1図

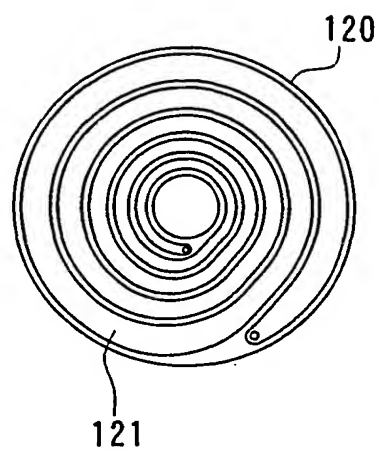


第2図

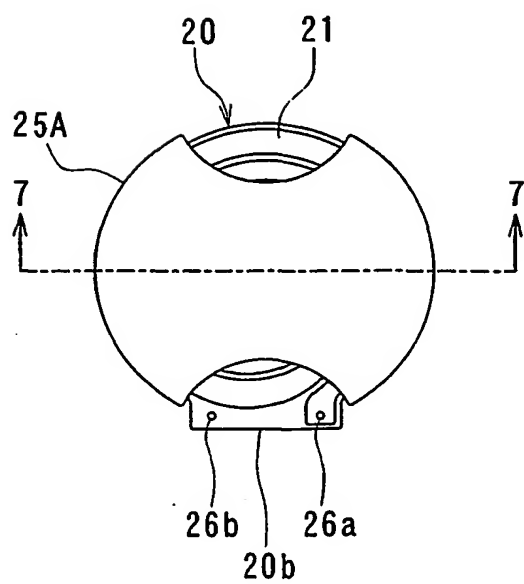


第3図

2/25

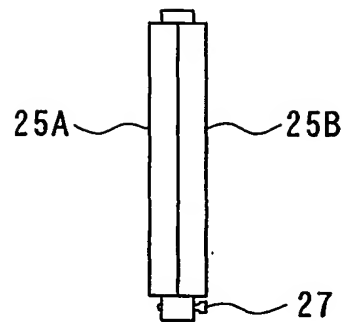


第4図

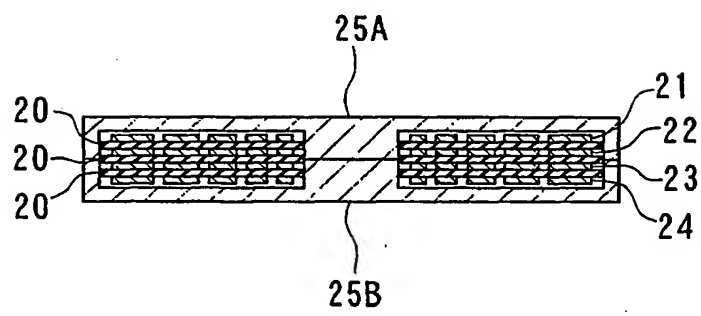


第5図

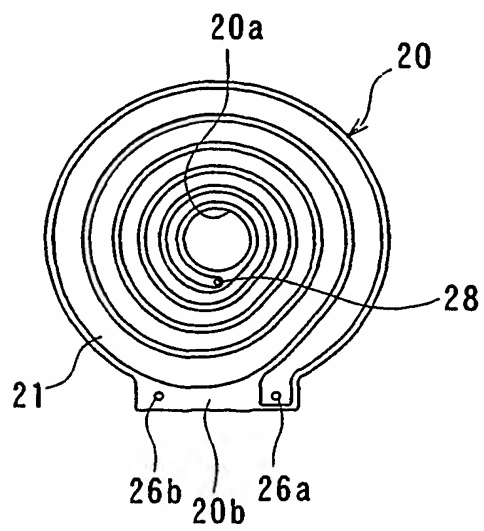
3/25



第6図



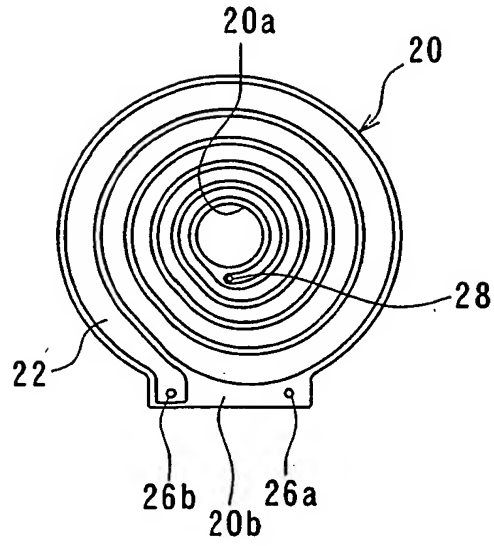
第7図



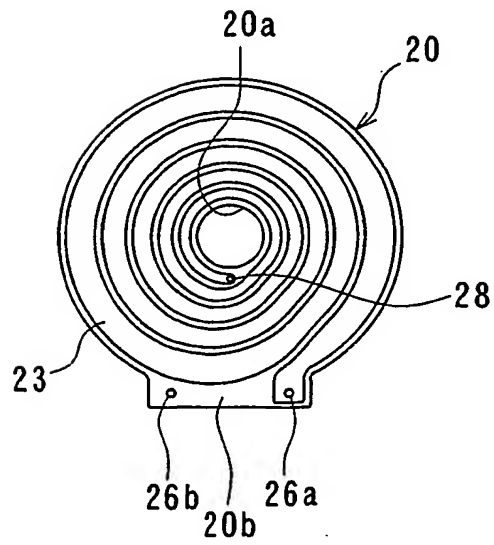
第8図



4/25

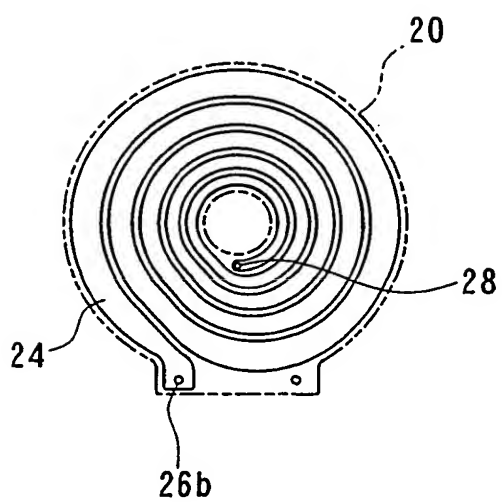


第9図

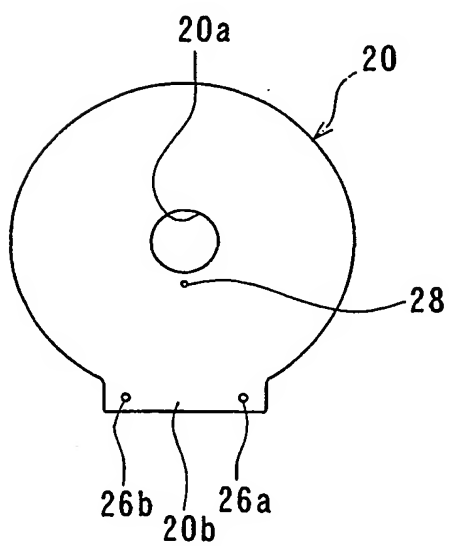


第10図

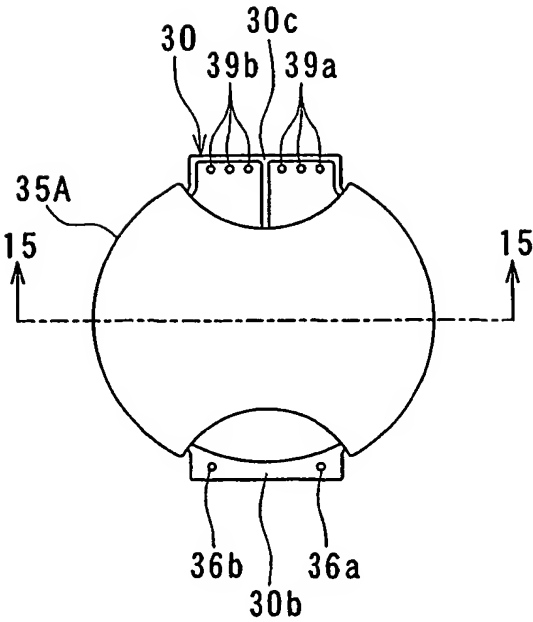
5/25



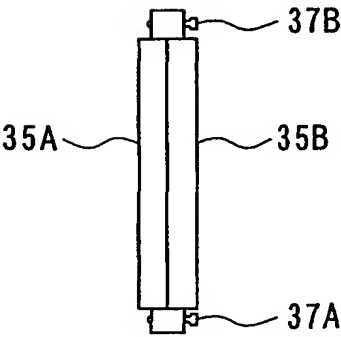
第11図



第12図

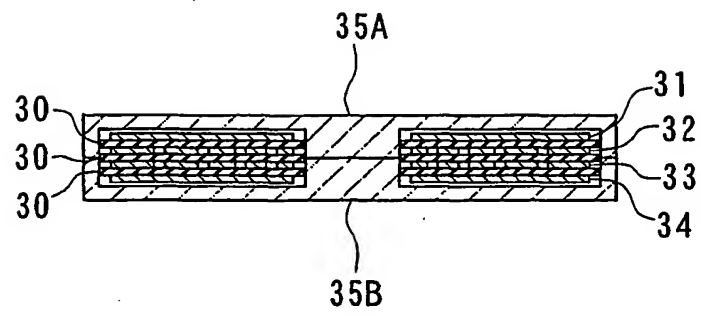


第13図

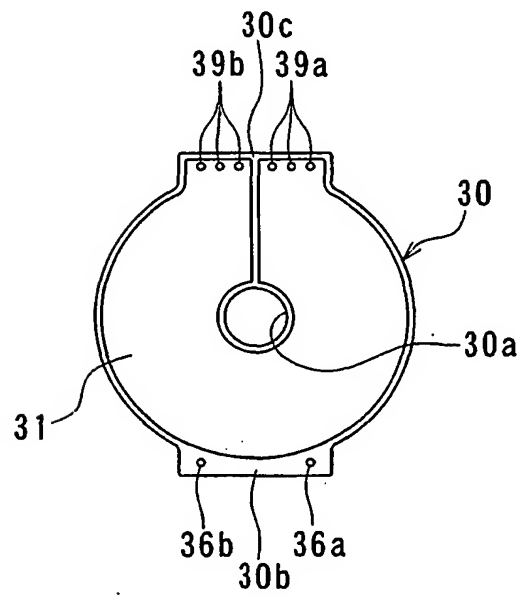


第14図

7/25

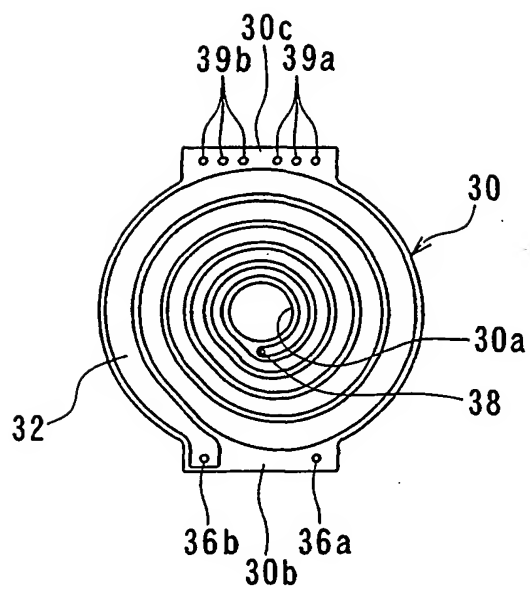


第15図

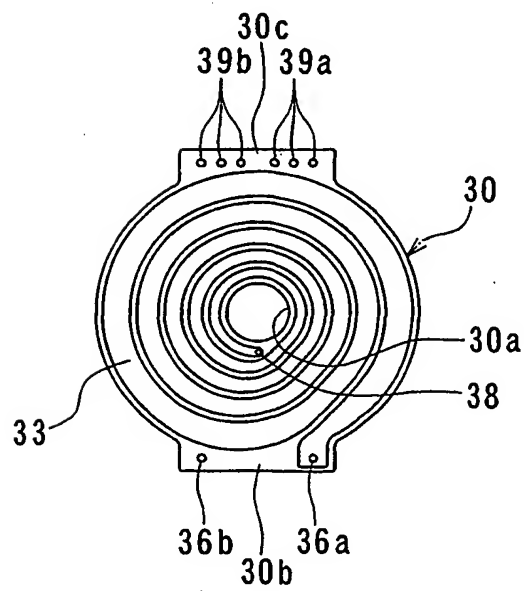


第16図

8/25

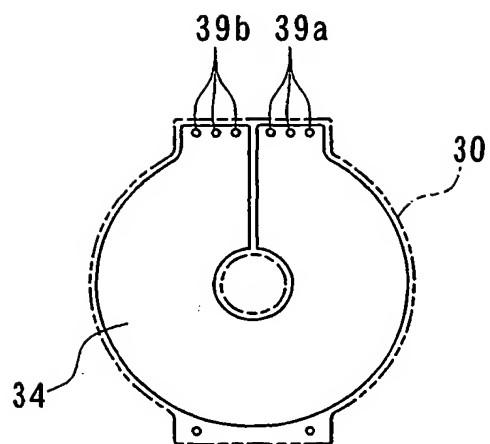


第17図

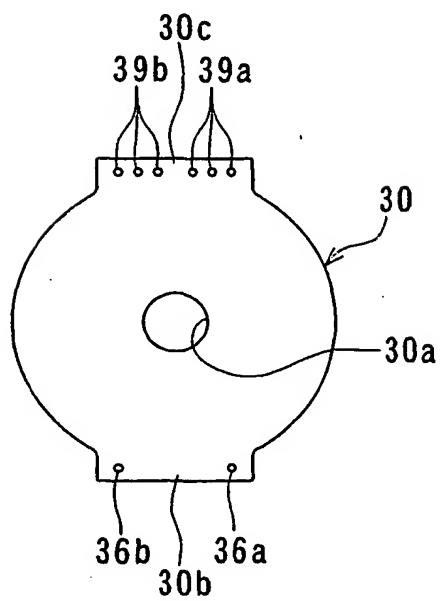


第18図

9/25

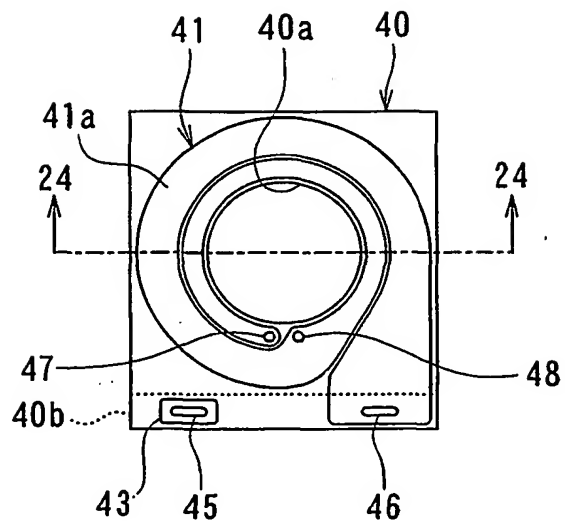


第19図

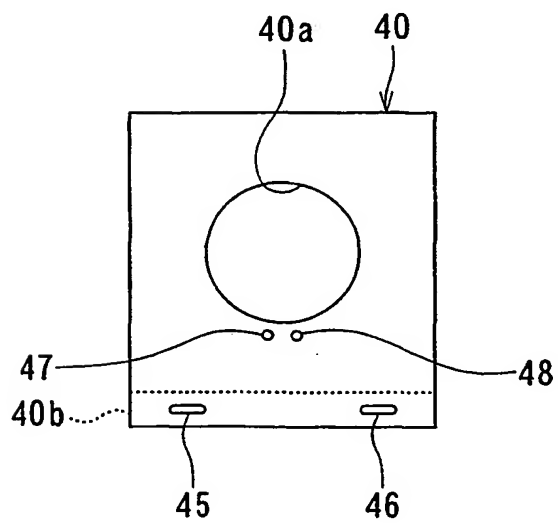


第20図

10/25

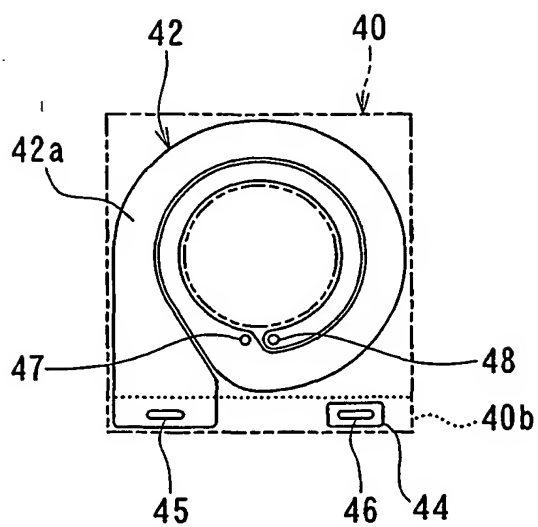


第21図

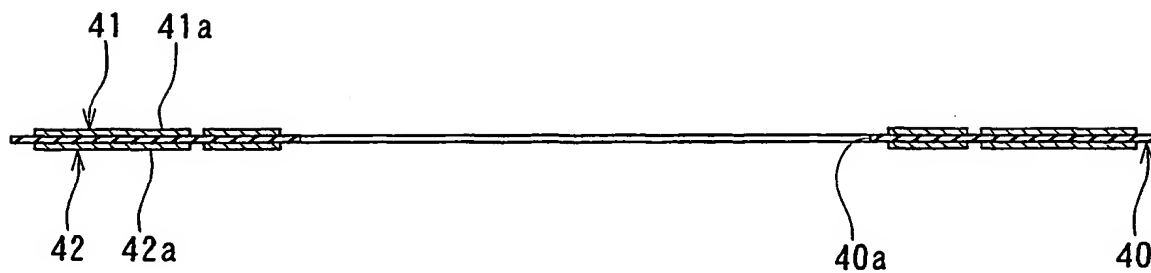


第22図

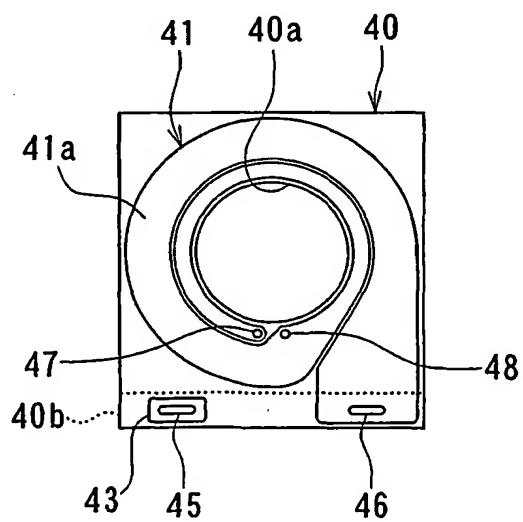
11/25



第23図



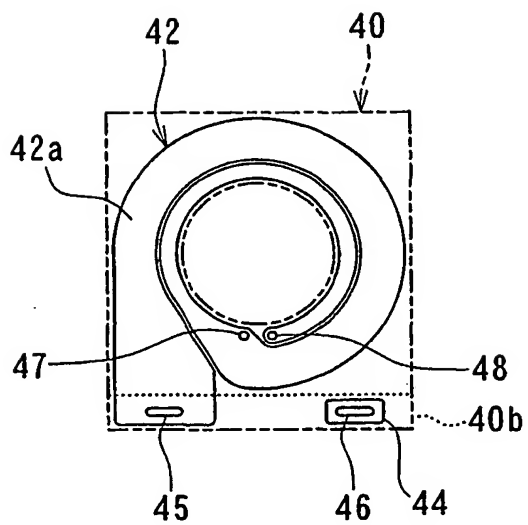
第24図



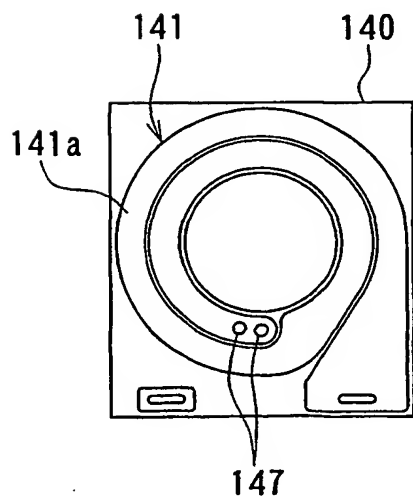
第25図



12/25

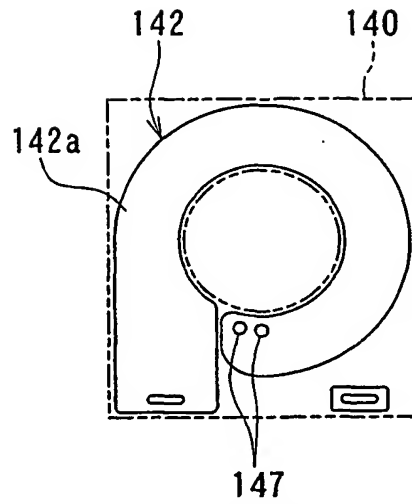


第26図

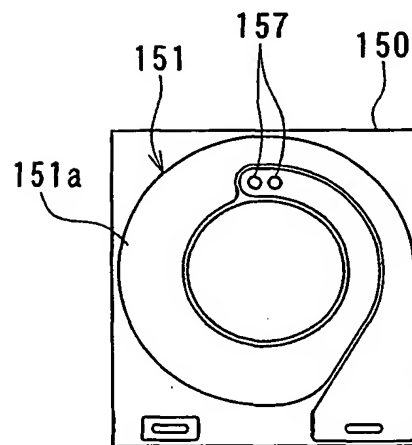


第27図

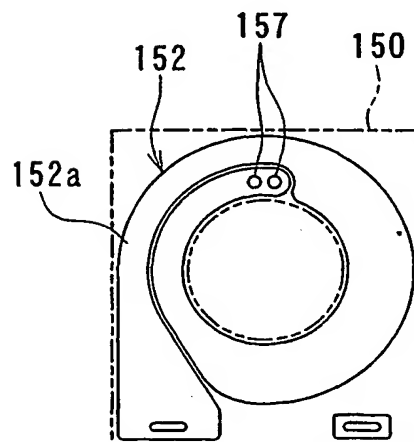
13/25



第28図

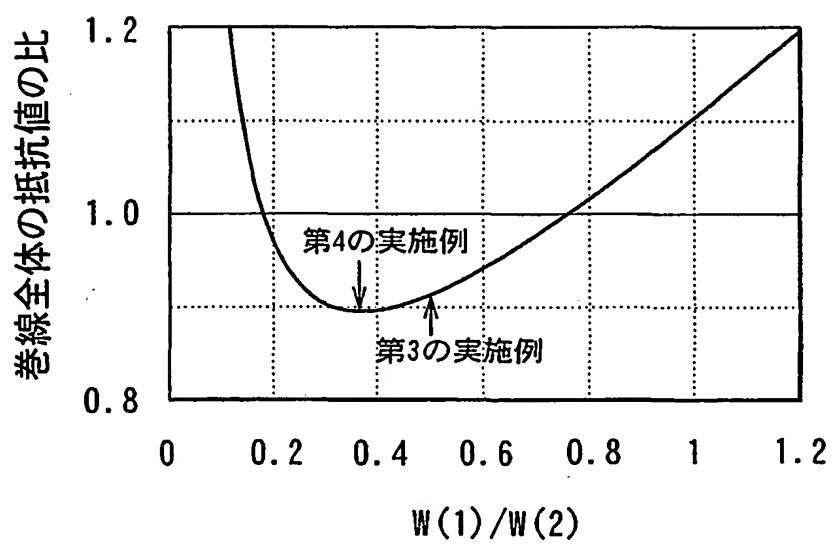


第29図

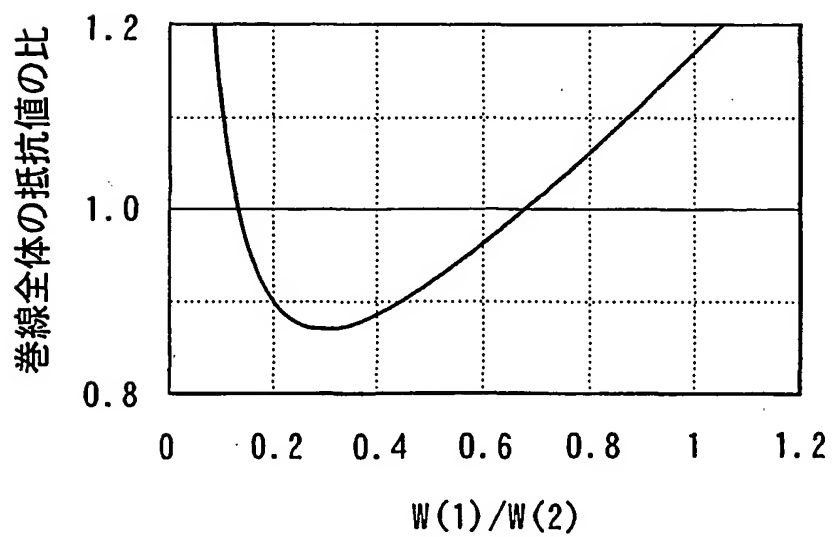


第30図

14/25

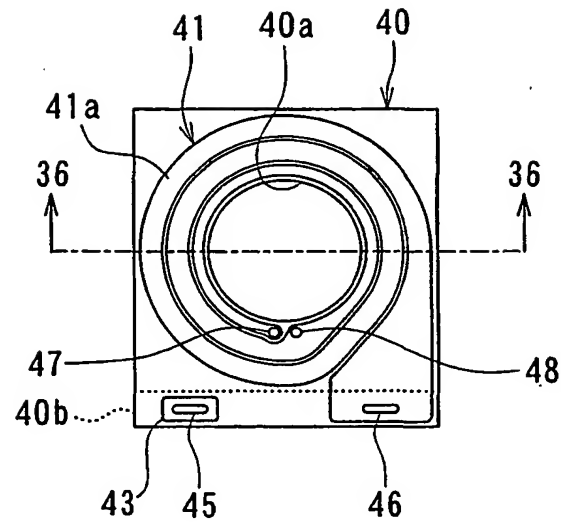


第31図

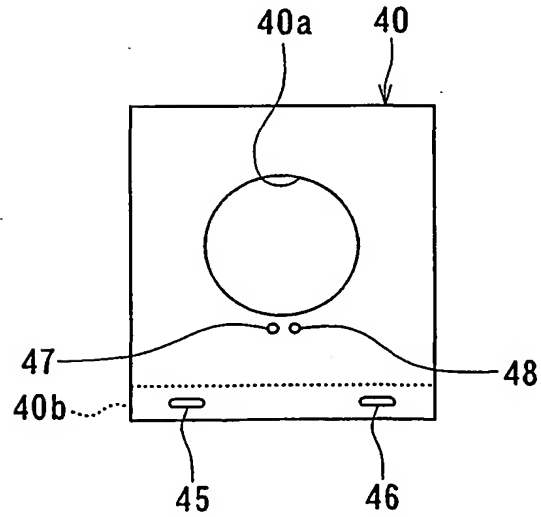


第32図

15/25

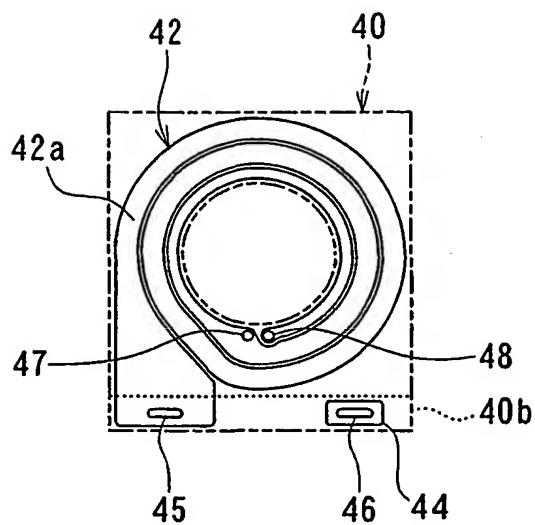


第33図

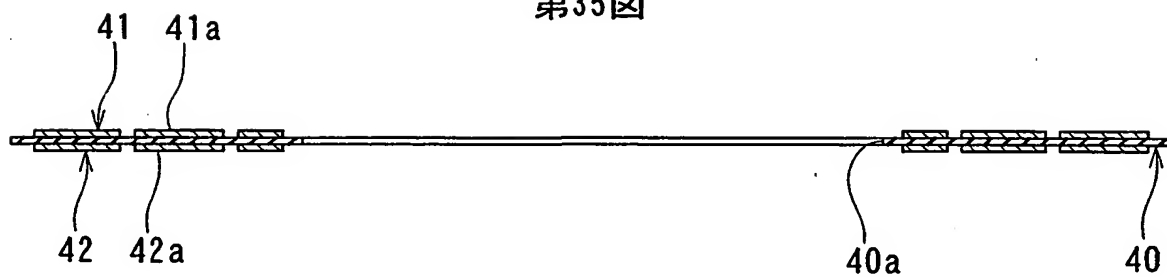


第34図

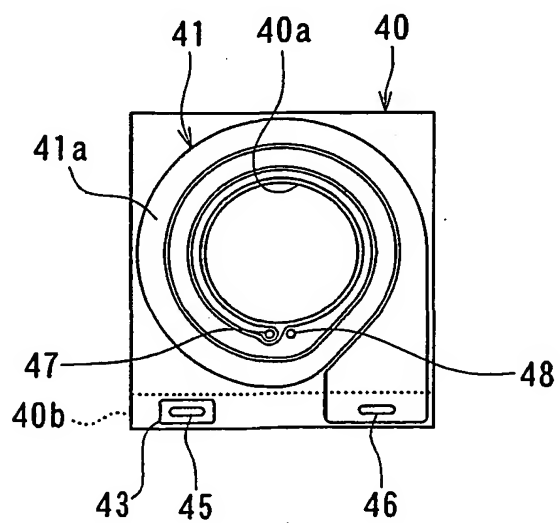
16/25



第35図

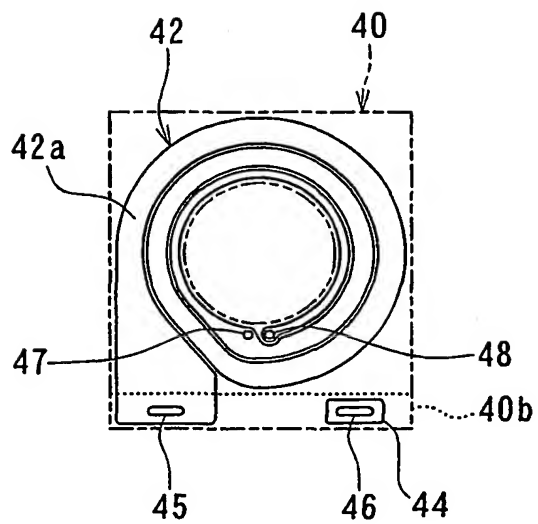


第36図

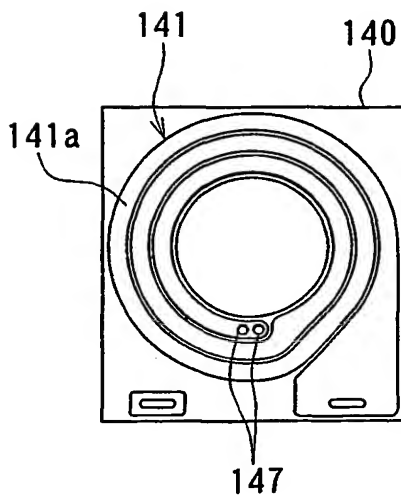


第37図

17/25

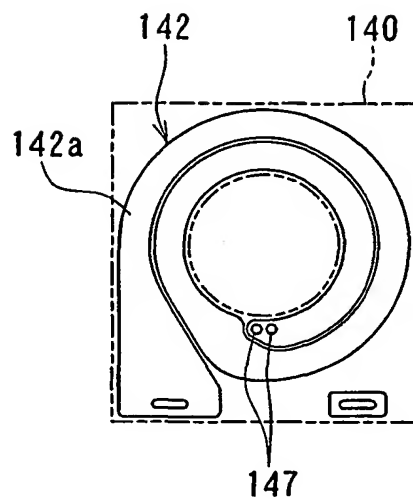


第38図

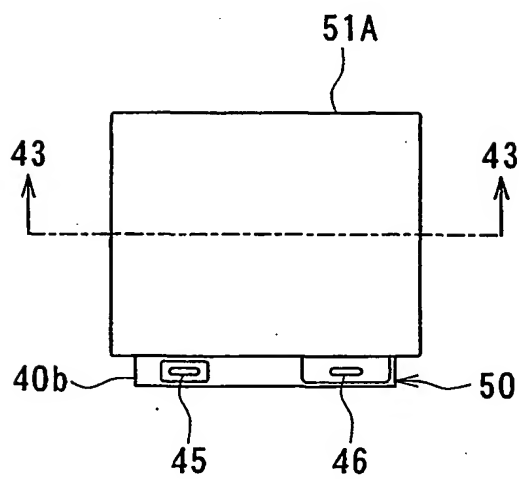


第39図

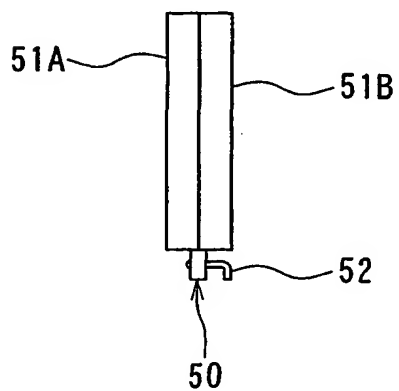
18/25



第40図



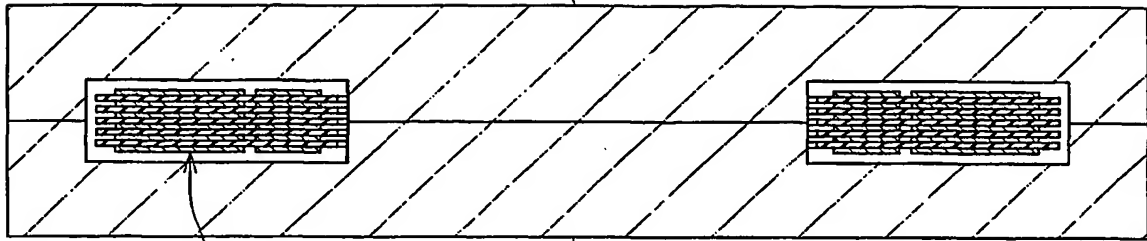
第41図



第42図

19/25

51A

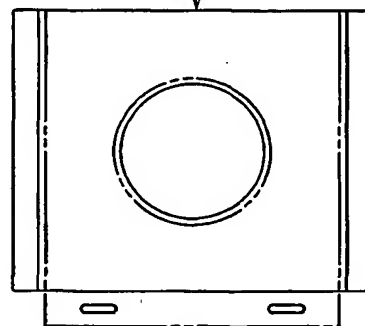


50

51B

第43図

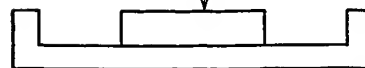
51A, 51B



50

第44図

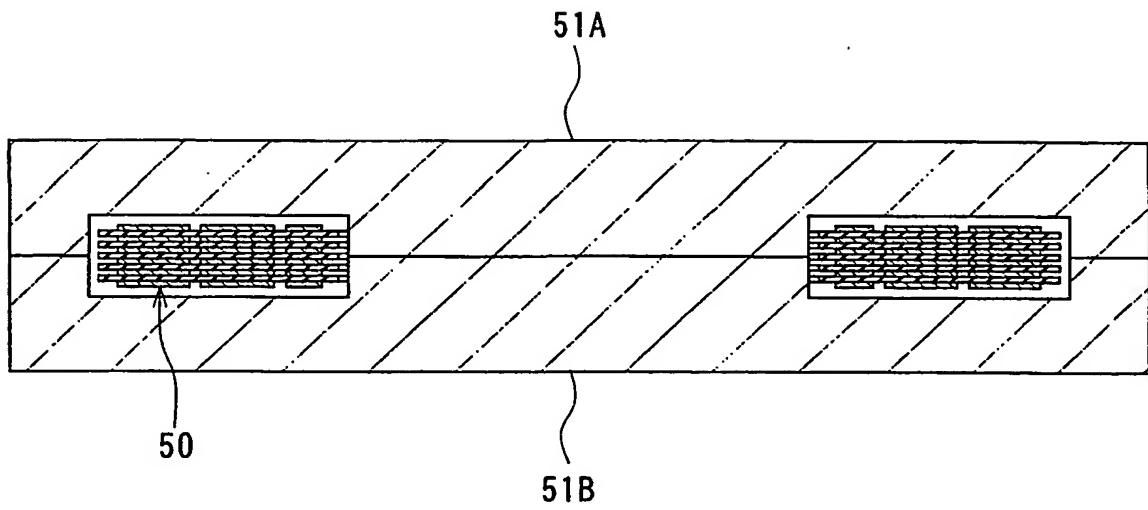
51A, 51B



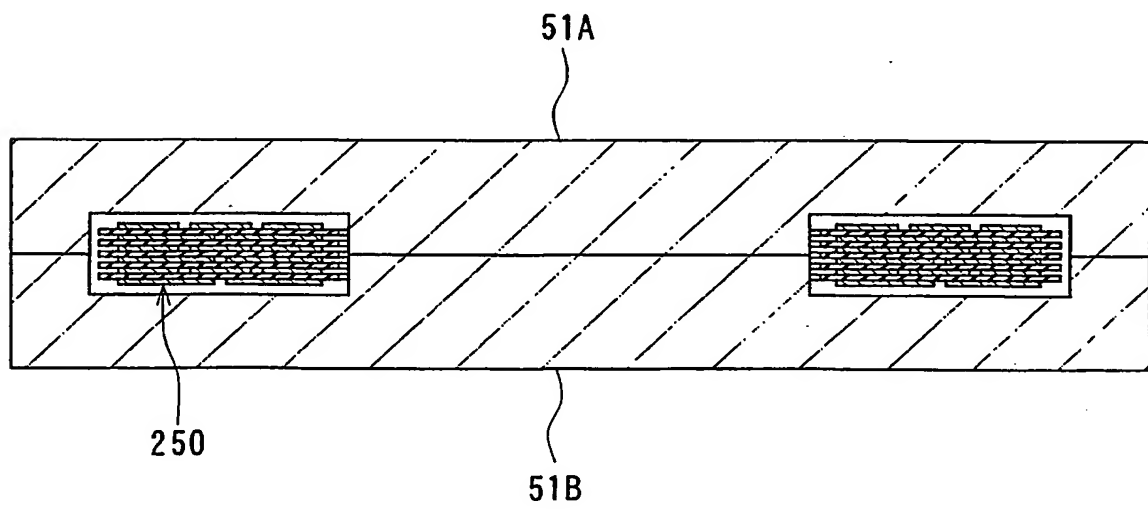
第45図



20/25

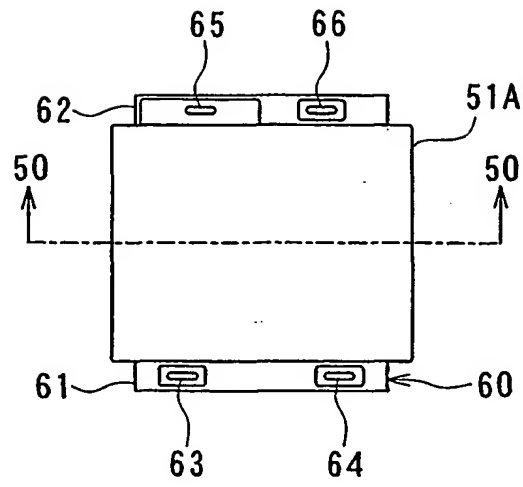


第46図

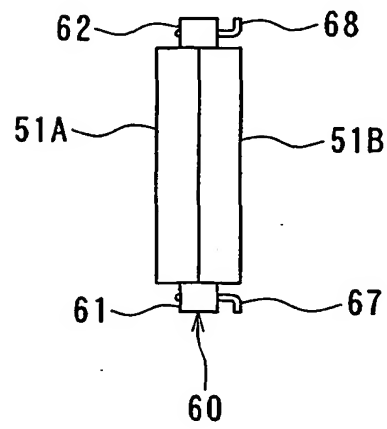


第47図

21/25

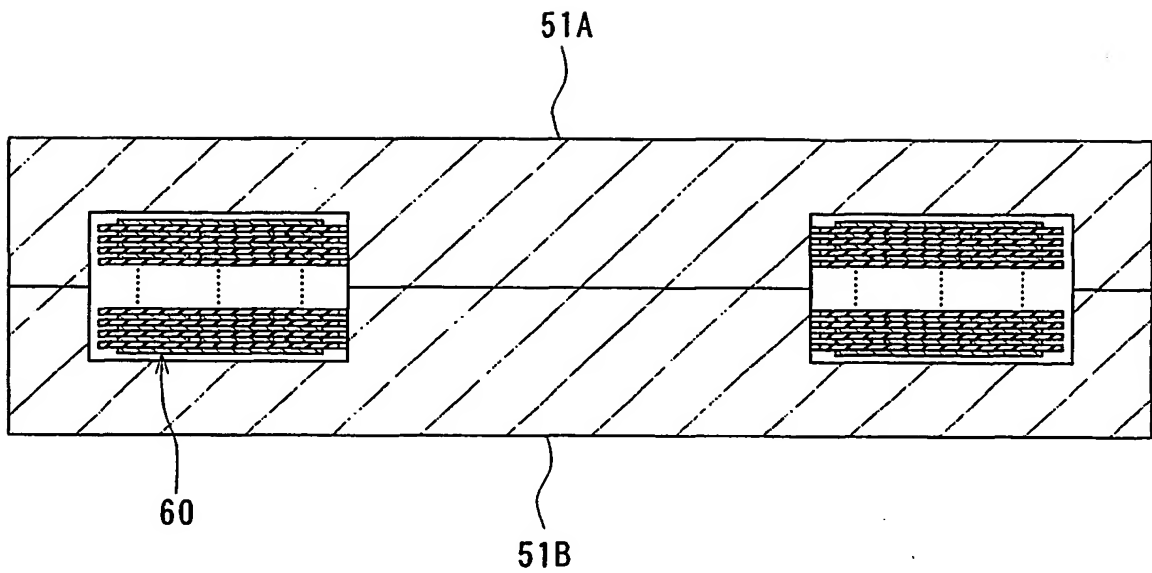


第48図

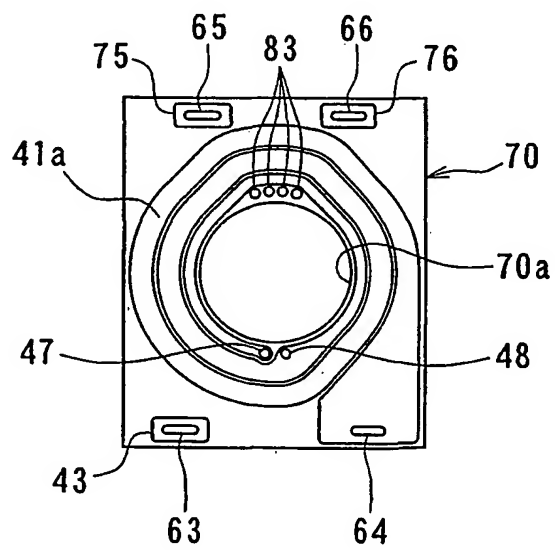


第49図

22/25

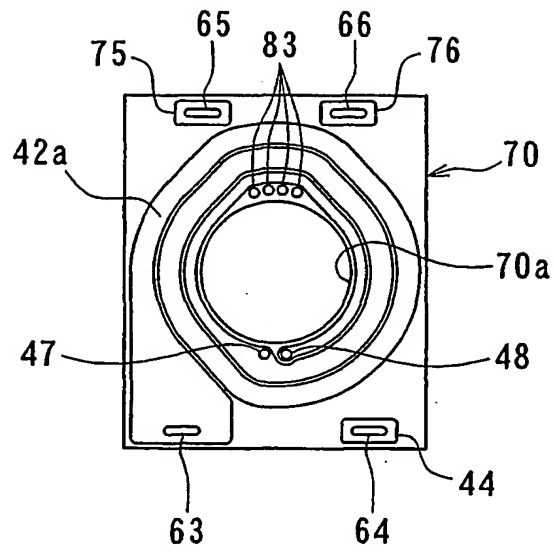


第50図

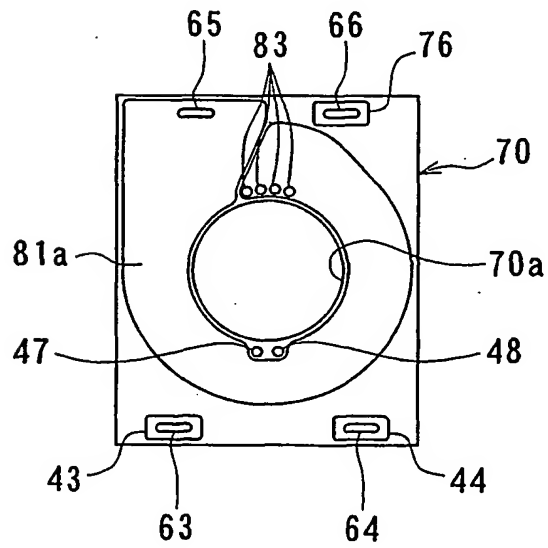


第51図

23/25

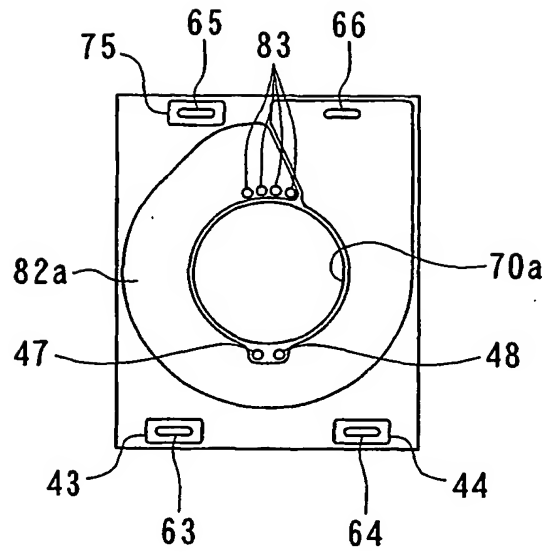


第52図

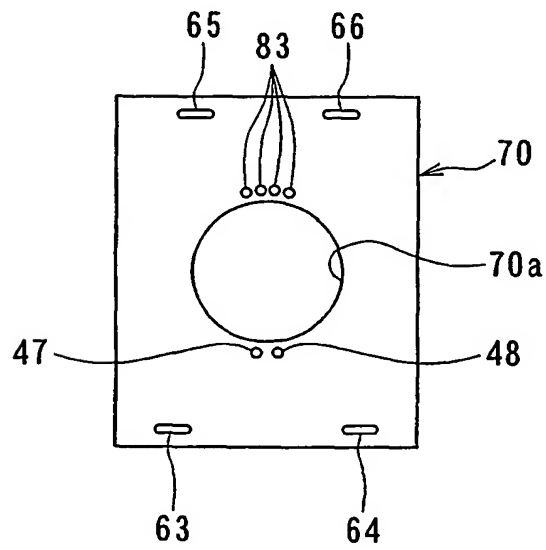


第53図

24/25

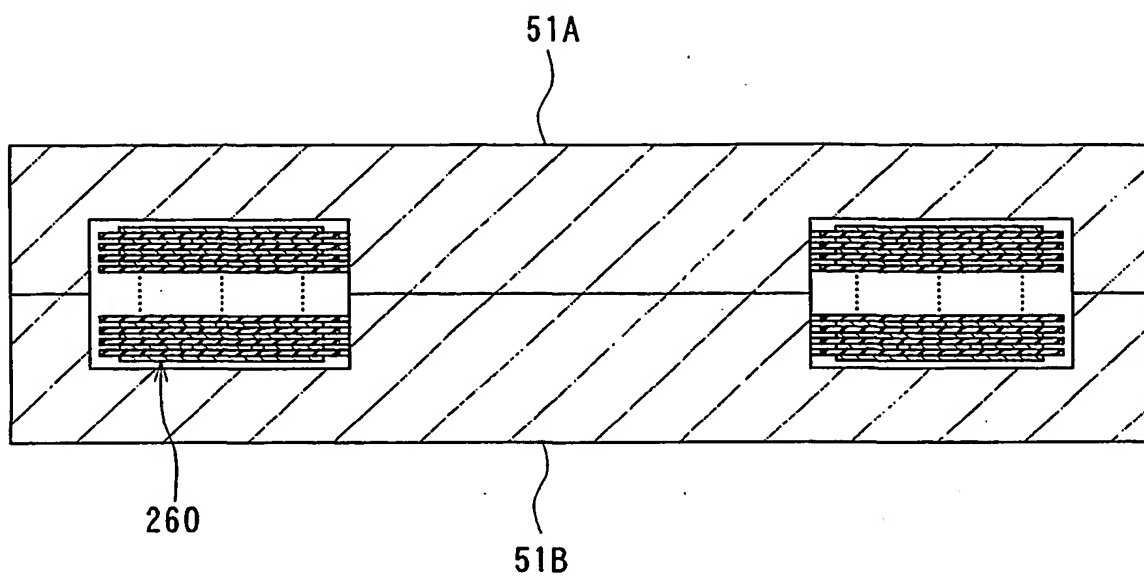


第54図



第55図

25/25



第56図

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/01842

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01F27/28, H01F17/04, H01F19/00, H01F30/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01F27/28, H01F17/04, H01F19/00, H01F30/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X P, Y	EP 1085538 A (Murata Manufacturing Co., Ltd.), 21 March, 2001 (21.03.01), Full text; Figs. 1 to 5 & JP 2001-85230 A Full text; Figs. 1 to 5	1-3 6, 10
X Y	JP 11-307366 A (TDK Corp.), 05 November, 1999 (05.11.99), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	4, 5, 7-9 6, 10
A	JP 5-226155 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 03 September, 1993 (03.09.93), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
17 May, 2002 (17.05.02)Date of mailing of the international search report  
28 May, 2002 (28.05.02)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## International application No.

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1998)



## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01F 27/28, H01F 17/04, H01F 19/00,  
H01F 30/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01F 27/28, H01F 17/04, H01F 19/00,  
H01F 30/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2002年  
日本国登録実用新案公報 1994-2002年  
日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
PX	EP 1085538 A (Murata Manufactu ring Co., Ltd.) 2001. 03. 21, 全文, 第 1-5図 & JP 2001-85230 A 全文, 第1-5 図	1-3
PY		6, 10
X	JP 11-307366 A (ティーディーケイ株式会社) 1 999. 11. 05, 全文, 第1-6図 (ファミリーなし)	4, 5, 7-9
Y		6, 10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17. 05. 02

国際調査報告の発送日

28.05.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

重田 尚郎



5R

9298

電話番号 03-3581-1101 内線 3565

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 5-226155 A (日本電信電話株式会社) 1993.09.03, 全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 50-58524 A (株式会社日立製作所) 1975.05.21, 全文, 第1図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 10-163039 A (ティーディーケイ株式会社) 1998.06.19, 全文, 第1-11図 (ファミリーなし)	1-10